COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

DISCOURS PRONONCÉS AUX FUNÉRAILLES DE M. JOSEPH BERTRAND.

DISCOURS DE M. JULES LEMAITRE,

DIRECTEUR DE L'ACADÉMIE FRANÇAISE.

« MESSIEURS,

» L'Académie française vient de perdre, en M. Joseph Bertrand, un de ses membres les plus illustres, un de ceux dont la renommée était européenne.

» La partie la plus considérable de ses travaux échappe à notre compétence, ou du moins à la mienne. Mathématicien, il avait été un enfant prodige, d'une précocité de génie qui se rencontre quelquefois dans les mathématiques et dans la musique, et qu'on ne voit point dans la littérature. Il avait soutenu ces merveilleux commencements; et, dans un ordre de spéculations accessible à un petit nombre de cerveaux, il était considéré, par tout le monde savant, comme un maître et un créateur.

» Voilà, nous les profanes, tout ce que nous en savons. Nous savons qu'il y a une science des nombres, dont nous avons été à peine capables de balbutier les premiers éléments; que quelques privilégiés seulement y peuvent faire des découvertes, qui les ravissent, qui les font vivre dans une espèce de rêve dont le délice nous est inconnu, et d'où, cependant, sortent quelquefois des inventions pratiques qui transforment l'industrie humaine

et profitent à l'humanité tout entière. Il y a dans la gloire de ces hommes un mystère qui la rend plus sacrée. On les voit un peu du même œil que les Égyptiens voyaient les prêtres d'Isis. Le monde entier, le peuple et les lettrés qui, là-dessus, sont aussi ignorants que le peuple, les vénère sans rien comprendre à ce qu'ils font. Nous les sentons bienfaisants et lointains.

» Et nous les sentons heureux d'une autre façon que nous. L'imagination des nombres et de leurs relations, portée au degré où elle devient du génie, doit faire, aux rares mortels qui en sont doués, une vie intellectuelle notablement différente de la nôtre. On devine qu'ils sont des poètes à leur manière, qu'ils jouent avec les nombres comme les poètes de la parole écrite jouent avec les images concrètes. Le monde des nombres et des formes géométriques qu'ils peuvent traduire est sans doute un infini aussi émouvant que l'univers des formes sensibles. Or celui-ci n'est point fermé aux mathématiciens, mais l'accès de leur univers nous est interdit. N'avons-nous donc pas quelque raison de croire que, si la vie est le songe d'une ombre, leur songe est plus complet que le nôtre et que l'enchantement en est double?...

» Par bonheur pour nous, M. Joseph Bertrand était de la lignée de ces savants de France, les Pascal, les Buffon, les Laplace, les Claude Bernard, qui furent d'excellents écrivains. Il communiquait avec nous et il nous appartenait par ses études sur Pascal, sur d'Alembert, et par ses discours académiques. Il y montrait un esprit original et hardi et qui se plaisait aux saillies brusques plutôt qu'aux développements suivis et réguliers.

» On m'a assuré que c'était aussi sa marque dans ses travaux de mathématiques; que ce qui le distinguait, même là, c'était un génie curieux, alerte, soudain dans ses démarches, imprévu dans ses solutions, admirable par une sorte de subtilité intuitive et rapide.

» L'homme était charmant. Les traces d'un accident célèbre avaient achevé de lui faire un visage pittoresque, un visage de vieux savant de conte familier. Il était la joie de nos discussions par une humeur piquante et par ce qu'il y avait d'inattendu dans les jugements de ce très libre esprit : le tout enveloppé d'une bonhomie souriante et d'une vraie bonté. Inattendus aussi, les trésors de sa vaste mémoire. Sa conversation était pleine de surprises.

» Dans sa vie familiale, inaugurée il y a cinquante-six ans par une aventure quelque peu romanesque, sa bonhomie tendre et gaie répandait comme une cordiale poésie. C'était un père et un grand'père adorable. Tous ses amis vous citeront des traits de sa bonté, de son désintéresse-

ment, de sa charité délicate. Peu d'hommes ont fait autant de bien aux autres hommes.

» Quand il s'agira de son génie scientifique, nous en croirons sur parole et bien volontiers ses confrères de l'Académie des Sciences et les cinq ou six mathématiciens, peut-être, qui sont ses pairs en Europe. Mais quand nous parlerons du charme savoureux de son esprit et de la générosité de son cœur, nous n'aurons qu'à nous souvenir. »

DISCOURS DE M. MAURICE LÉVY,

PRÉSIDENT DE L'ACADÉMIE.

« MESSIEURS,

» Les hommes comme Joseph Bertrand aiment à être loués par leurs œuvres et leurs disciples. Si tous ses élèves se trouvaient aujourd'hui à Paris, ils lui feraient, à eux seuls, un imposant cortège. Car son nom n'a jamais éveillé chez eux, comme partout, qu'admiration, respect et sympathie profonde.

» La grandeur même de ce nom dit mieux que de simples paroles ce que la mort de celui qui l'a porté et illustré fait perdre tout à la fois aux Sciences et aux Lettres, et ce n'est pas pour vous, ses confrères, collègues ou amis, qu'il serait utile d'y insister.

» Mais ce que nous perdons plus particulièrement à l'Académie des Sciences, ceux qui en font partie sont seuls en état de le mesurer. Ce n'est pas seulement l'une de nos gloires qui s'en va; c'est l'âme même de notre Compagnie qui est atteinte. Car, par la vertu d'un long et mutuel amour, l'âme de notre Secrétaire perpétuel et celle de l'Académie étaient arrivées à une telle communion que depuis longtemps elles n'en faisaient plus qu'une.

» Leur violente séparation aura un long et douloureux retentissement.

» Depuis quarante-quatre ans que Joseph Bertrand siégeait à l'Académie des Sciences, depuis vingt-six ans qu'il y exerçait la suprême dignité du secrétariat perpétuel, ses services se sont chaque jour renouvelés. Sa présence au bureau valait une encyclopédie, une encyclopédie toujours renseignée, toujours ouverte à la bonne page. Avec lui, jamais une question ne demeurait en suspens. Qu'elle fût de science ou de tradition académique, il savait toujours la résoudre ou la faire trancher sur l'heure.

» Cette puissante faculté qui a fini par faire de lui comme l'incarnation

de notre Compagnie, ne tenait pas seulement à l'universalité de son génie, à la sûreté et la spontanéité de sa mémoire, au charme de sa parole ailée et persuasive. Elle était la résultante de tout cela et, en plus, d'une vie éclose et cultivée en milieu savant.

» Illustre en quelque sorte depuis son enfance, causeur partout écouté, il a connu tout ce qui a marqué dans la science des soixante, presque des soixante-dix dernières années. Quant aux savants du commencement du siècle, ou « l'enfant prodige », comme on l'appelait, avait été leur jeune ami, ou il en avait entendu parler par son père ou chez son oncle Duhamel, en telle sorte que l'on peut dire que, si Joseph Bertrand n'a pas, comme Fontenelle, vécu cent ans, il a, du moins au point de vue scientifique et académique, vécu tout notre grand dix-neuvième siècle. Quant au dix-huitième, il en était par sa culture première. Cette haute science du siècle passé, si près et pourtant, à tant d'égards, si loin de nous, il aimait à la rappeler. C'est par elle qu'il commençait volontiers ses leçons du Collège de France, quand l'occasion lui en était offerte. Nul mieux que lui ne savait la ressusciter, la faire renaître de ses cendres et la montrer comme la préface nécessaire de la nôtre.

» Il était ainsi la chaîne qui nous reliait solidement à tout le passé de la Science actuelle et à tout le passé de notre Académie elle-même, dont il a d'ailleurs écrit l'histoire.

» C'est cette chaîne qui se trouve aujourd'hui rompue et qui se remplacera très difficilement.

» Vous parlerai-je de l'homme? Ce sera encore et presque toujours vous parler du savant. Les grandes natures sont simples et Joseph Bertrand me paraît pouvoir être caractérisé d'un mot : il était vrai.

» Il était aussi vrai dans la vie que dans les mathématiques.

» Lorsqu'il ne rencontrait pas les qualités de droiture et de sincérité qui étaient en lui, il se détournait doucement, sans affectation et sans colère.

J'aime qu'avec douceur nous nous montrions sages.

» Mais sa douceur était protégée par une riposte aussi fine que prompte.

» Il était curieux de vérité en tout. Cette curiosité l'a naturellement engagé à tout aborder. Sa mémoire pouvait tout recevoir et tout retenir, et sa raison avant tout mathématique, mais d'admirable ordonnance générale, mettait chaque chose en place et savait découvrir, un peu partout, des doutes à éclaircir et des problèmes à résoudre. C'est ainsi qu'il a été un mathématicien fécond et varié, un érudit de marque et un fin critique.

» Le critique, chez lui, a bien souvent aidé le mathématicien, ce qui n'est pas extraordinaire. Car tout progrès résulte de la judicieuse critique de quelque coin du passé.

» C'est en faisant la critique approfondie d'un théorème fameux de Poisson qu'il a été amené à ses belles découvertes sur les propriétés des intégrales des problèmes de la Dynamique et à une nouvelle méthode pour les aborder.

» Le calcul des probabilités où il est si facile de se tromper, où les plus grands se sont trompés, a naturellement dû attirer le maître critique sûr de ses propres jugements. Cette science devait aussi sourire à son imagination poétique par le singulier don qu'elle a de rendre l'homme un peu prophète. Il l'a toujours cultivée. Il l'a enseignée à diverses reprises au Collège de France et lui a fait une place aussi large que possible, même dans son enseignement moins élevé de l'École Polytechnique, en quoi il a d'autant mieux fait qu'elle n'est pas seulement d'une grande utilité en Astronomie et dans les autres sciences d'observation, mais aussi dans plusieurs branches de l'art de l'ingénieur civil ou militaire. Son ouvrage sur cette matière ardue, résumé des leçons qu'il a faites au Collège de France, l'une des dernières années qu'il y a professé, est et restera un chef-d'œuvre.

» Dans son *Traité de Calcul différentiel et intégral* dont le troisième Volume n'a malheureusement pas paru, le manuscrit ayant disparu dans un incendie, il ne se borne pas à exposer les découvertes des autres; il donne aussi quelques-unes des siennes. Dans le premier Volume notamment, on trouve résumées un très grand nombre d'applications géométriques éparses dans ses divers Mémoires, et il convient de donner une mention toute spéciale à son exposition de la Théorie des déterminants fonctionnels et au rapprochement si commode dans les applications, qu'il a su établir entre ces déterminants et la simple dérivée d'une fonction d'une variable.

» Sa *Thermodynamique* était prête en 1870 et le manuscrit en a été brûlé en même temps que celui du dernier Volume du *Calcul intégral*. Il l'a refait en donnant le résumé de ses leçons d'une année au Collège de France. Il observe qu'il n'a pas entendu faire un traité complet et qu'il n'expose que ce qu'il a compris. Mais, sur ce qu'il prétend n'avoir pas compris, notamment sur les phénomènes irréversibles et l'application du second principe aux corps à température non uniforme, il fait une série de remarques critiques très importantes et qui ont déjà porté des fruits.

» Cet Ouvrage, comme d'ailleurs tous ceux qui sont sortis de sa main,

se distingue par un ensemble d'exercices variés et toujours d'un tour original. Ici, quelques-uns, notamment ceux relatifs aux vapeurs saturées, dépassent de beaucoup le but purement spéculatif pour lequel ils ont été imaginés; ils peuvent être d'une grande utilité à la Physique expérimentale et à l'art de l'ingénieur.

» Parmi les innombrables Traités d'Électricité qui ont paru, le court volume où il résume aussi ses leçons d'une année au Collège de France est le seul où l'on trouve la véritable origine et la raison d'être de cette notion du flux électrique due au génie divinateur de Faraday et passée dans la pratique, bien que Joseph Bertrand ne l'utilise pas systématiquement, étant trop mathématicien pour ne pas avoir préféré, aux procédés du grand physicien anglais, les méthodes rigoureuses d'Ampère pour lequel il avait d'ailleurs une particulière admiration que justifiaient bien des qualités communes.

» Son édition de la *Mécanique analytique* de Lagrange, avec les lumineuses notes dont il l'a fait suivre, est venue à son heure. Bour, Massieu et bien d'autres y ont puisé le goût des hautes questions du Calcul intégral.

» Ses Ouvrages élémentaires ne sont pas moins remarquables que les autres. C'est dans son *Arithmétique* que l'on trouve, pour la première fois, la claire définition de l'incommensurable. Elle est passée depuis dans les parties les plus élevées de la Science.

» Ce n'est pas ici le lieu et il ne serait pas possible d'analyser ses nombreux Mémoires sur les diverses branches des Mathématiques pures ou appliquées à la Mécanique et à la Physique mathématique.

» Qu'il me soit pourtant permis, en ma qualité de mécanicien, de donner une mention à ce principe si simple et si utile de la similitude en Mécanique et en Physique. Il permet de deviner à l'avance les lois de certains phénomènes et toujours de circonscrire le champ de l'inconnu. Par l'emploi des modèles en petit, il est chaque jour appliqué à la construction des grands navires; il commence à l'être en Hydraulique fluviale et dans les constructions civiles.

» Je ne puis m'empêcher de rappeler aussi que la notion d'une intégrale commune à plusieurs problèmes de Mécanique, devenue si fondamentale, a été jetée par lui, il y a longtemps, dans l'un de ses Mémoires, ainsi que l'étude des intégrales algébriques qui a donné lieu également à de beaux travaux.

» Quand on réunira l'œuvre scientifique et l'œuvre littéraire de Joseph

Bertrand on sera étonné qu'une vie humaine ait pu suffire à tant de labeur et qu'un seul cerveau ait pu enfanter tant de pensées originales et en des genres si divers.

» Il restera parmi les grands semeurs d'idées. Ses ouvrages classiques, avec leurs nombreux exercices, ont déterminé bien des vocations, de même que les pensées imprévues, les inspirations soudaines qui lui échappaient au cours de ses leçons du Collège de France ont modifié bien des carrières dans le haut enseignement. Le nombre des thèses de doctorat sorties de là serait difficile à chiffrer.

» S'il jetait la vérité en prodigue, par la plume et la parole, il savait aussi l'aimer et l'apprécier chez les autres. C'est pourquoi il a eu beaucoup d'amis.

» Il la trouvait toujours bonne à dire. C'est pourquoi il a dû s'attirer aussi quelques inimitiés, peu j'imagine; car il la disait toujours pour elle-même, jamais dans le dessein de nuire et autant que possible de façon à ne pas nuire.

» Il savait en inculquer l'amour à la jeunesse. C'est pourquoi il a été un vrai maître.

» Aucune peine ne lui coûtait pour rechercher les jeunes talents et les mettre en lumière, et il n'a pas attendu d'être arrivé lui-même pour se donner cette tâche. Dès sa jeunesse, il l'a considérée comme de devoir étroit pour lui. C'était, sans doute, sa façon de reconnaissance pour les dons exceptionnels qu'il avait reçus de la nature et une façon de n'en pas garder le profit pour lui seul.

» Si tous les riches se mettaient à suivre son exemple, le problème social aurait fait un grand pas.

» Presque au début de sa carrière, alors qu'il n'était que simple professeur de lycée, il devina Foucault, s'attacha à lui, l'aida de sa science mathématique dont Foucault était dépourvu, contribua ainsi à ses découvertes sans se montrer : puis, à peine arrivé à l'Institut, à l'âge de trente-quatre ans, il soutint, contre les plus hautes personnalités de l'époque, une lutte restée célèbre, pour la candidature du grand physicien alors peu connu ou méconnu.

» La bataille ne fut pas sans péril, ni le triomphe sans gloire. Une voix de majorité! Mais l'Institut de France comptait un homme de génie de plus à son actif.

» Il n'est pas de savant qui n'ait trouvé accueil auprès de Joseph Bertrand. A ceux qui lui en paraissaient dignes, il donnait son amitié, ses

conseils, son appui. Il s'inquiétait de leur carrière où qu'ils fussent, faisait des démarches en leur faveur sans le leur dire, et plus d'une fois il a mis toute son ingéniosité à trouver le moyen le plus délicat et le plus acceptable pour eux de leur venir en aide de sa bourse. Il est allé jusqu'à quitter provisoirement ou définitivement une partie de son enseignement pour permettre à tel savant de se mettre plus rapidement en évidence, et, en pareil cas, il se débattait contre les règlements pour abandonner la plus grande part possible de son traitement.

» Il a vraiment montré, par l'esprit, par le cœur et par le caractère, des vertus qui n'appartiennent qu'aux grands hommes, ces vertus rares en tous les temps, plus rares, nous assure-t-on, dans le nôtre, dont, en tout cas, une nation a le droit d'être fière, mais dont elle a aussi le devoir de perpétuer la mémoire et l'exemple.

» Ce n'est que quand ce devoir sera accompli que nous commencerons à nous consoler de l'avoir perdu, et je souhaite bien ardemment que sa famille, dont il était l'idole, qui lui a rendu en amour et en dévouement ce qu'il lui a donné en gloire et en tendresse, puisse un jour trouver là, elle aussi, un soulagement à sa profonde et si naturelle affliction.

» C'est dans cette pensée, cher et vénéré Maître, que votre ancien suppléant au Collège de France vous offre l'hommage respectueux et attristé de cette autre famille qu'a été pour vous l'Académie des Sciences, et dans laquelle l'une de vos dernières et plus grandes joies a été de voir entrer votre fils. »

DISCOURS DE M. BERTHELOT,

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE L'ACADEMIE DES SCIENCES

« Messieurs, mes chers Confrères,

» L'Académie est dans la douleur ! Elle perd en ce moment l'un de ses représentants les plus illustres et les plus dévoués. Mais la perte est plus grande et plus douloureuse peut-être pour les amis séparés par la mort de Joseph Bertrand ! Voici quarante-six ans que nous sommes liés d'une affection qui n'a pas souffert d'éclipse. C'était en 1854 : Bertrand, âgé de trente-deux ans, déjà célèbre par ses découvertes mathématiques, était professeur au Lycée Napoléon. Moins âgé que lui de cinq ans, je venais de débuter par la synthèse des corps gras. Bertrand, empressé à sympathiser avec toute jeune espérance scientifique, m'accueillit et me donna son amitié. Plus tard, nous fûmes collègues au Collège de France. Depuis nous

avons vécu côte à côte, Bertrand me précédant toujours dans la vie scientifique, aussi bien que dans la vie de famille. En 1856, il fut nommé membre de l'Académie; en 1874, il remplaça Élie de Beaumont comme secrétaire perpétuel. Le cours de ma vie fut semblable. D'autres plus compétents vous rappelleront les découvertes de Bertrand, qui l'ont illustré parmi les mathématiciens du monde entier. Nous savons tous quels étaient son autorité, son zèle pour la réputation et les intérêts de l'Académie, la vivacité de son esprit, la facilité de ses relations privées et publiques, la bienveillance avec laquelle il encourageait les jeunes gens dans leurs travaux, et les aidait de ses conseils et des ressources de l'Académie, auxquelles il n'hésita pas à joindre, dans plus d'une occasion, ses ressources personnelles. Voilà pourquoi nous sommes tous réunis autour de cette tombe, dans une commune affliction, avec son fils, notre Confrère, avec toute sa famille si cruellement frappée. Adieu, Bertrand, adieu, mon ami, tes travaux laissent une trace profonde dans l'histoire de la Science et ton souvenir ne s'effacera jamais de nos cœurs! »

DISCOURS DE M. GASTON DARBOUX,

MEMBRE DE L'INSTITUT,

AU NOM DE LA SOCIÉTÉ DE SECOURS DES AMIS DES SCIENCES

« Messieurs,

» Le savant illustre auquel nous venons rendre les derniers devoirs a été un géomètre original et inventif, un écrivain éminent, un professeur incomparable; il a été aussi, et au plus haut degré, un homme bienveillant et bon. Les dons si variés et si rares, la merveilleuse pénétration dont il a donné les preuves dès sa plus tendre enfance, lui assuraient d'avance tous les succès; mais ces succès, qui lui ont rendu la vie si facile, n'avaient ni gâté ni endurci son cœur. Cette vivacité de pensée et de langage que certains lui reprochaient dans sa jeunesse s'était apaisée et comme adoucie avec l'âge; elle subsistait encore, mais depuis longtemps elle laissait transparaître aux yeux de tous ce fonds d'équité et de générosité qui était le propre de sa nature. Il a été bon pour sa nombreuse famille, qui lui avait voué un véritable culte, bon pour ses élèves qui pleurent aujourd'hui sa perte et conserveront la mémoire de ses bienfaits, bon pour ses confrères qui, pendant tant d'années, ont pu chaque jour reconnaître et apprécier son amabilité, son dévouement à leurs intérêts. Nul, si ce n'est ceux qui

vivaient près de lui, ne saura jamais le nombre de ceux qu'il a soutenus, encouragés, secourus. Toutes les œuvres de bienfaisance pouvaient compter sur son concours; son temps et sa bourse étaient à leur disposition, son nom aussi, quand ce nom respecté et honoré pouvait leur être utile.

» Aussi, lorsqu'en 1857 le baron Thénard fonda la Société des Amis des Sciences dont le but, aux termes mêmes de ses statuts, est « de venir au secours des savants et de leurs familles dans le besoin », M. Bertrand s'empressa dès les premiers jours d'apporter son adhésion à la nouvelle Société. Au bas des premiers projets conservés dans nos archives, sa signature figure à côté de celles de Boussingault, de Quatrefages, de Becquerel, de Sénarmont, de Balard, de Daubrée, de Frémy, de Deville, de Berthelot et de Pasteur. Il s'inscrivit à la fois comme souscripteur perpétuel et comme donateur annuel. Dès 1864 il entrait au conseil de la Société. En mai 1895 il fut nommé vice-président, et, au mois de novembre de la même année, il succédait comme président à notre grand Pasteur. Le choix unanime de notre conseil lui imposait des devoirs qu'il accepta avec joie, car il était préparé à les remplir. Pendant la trop courte durée de sa présidence, son attention s'est portée sur l'état de nos ressources qui devenaient insuffisantes; il s'est préoccupé des moyens de les rétablir et de les augmenter. Dans ce but il n'a rien épargné, ni lettres, toutes écrites de sa main, ni démarches auprès de tous ceux auxquels il était possible de s'adresser.

» Vous vous rappelez, mes chers confrères, avec quelle sympathie il suivait tous vos succès. Le candidat nouvellement élu, le lauréat d'un prix important recevaient ses félicitations les plus cordiales; mais à ces félicitations M. Bertrand n'oubliait jamais de joindre une sollicitation discrète, toujours bien accueillie, en faveur de sa chère Société, profitant ainsi, pour rappeler les droits des pauvres, du moment où le cœur du savant s'ouvre à la joie la plus douce, celle de recevoir les suffrages de ses maîtres ou de ses pairs.

» M. Bertrand s'adressa avec autant de succès à ces sociétés, devenues si nombreuses aujourd'hui, qui réunissent les savants voués aux mêmes études spéciales; plusieurs ont acquis une grande importance et une véritable autorité. Il leur rappela qu'elles étaient, elles aussi, des personnes morales et, comme telles, tenues d'apporter leur obole à l'œuvre dont il avait pris la direction. Toutes celles qui n'étaient pas liées par leurs statuts répondirent à son invitation; et ainsi nous pûmes élargir le cercle de nos libéralités.

» Permettez-moi de rappeler encore tous les soins qu'il apportait à la

préparation de nos séances annuelles. C'est lui qui, en 1894, avait eu l'idée d'organiser la séance de Lille, dans laquelle Pasteur reçut, sur le théâtre de ses premiers travaux, cet accueil enthousiaste qui devait lui donner une des dernières joies de sa vie. En 1897, devenu président, M. Bertrand contribua à l'éclat d'une de nos séances en nous donnant la primeur de cette magistrale étude sur Viète qui demeurera un de ses écrits les plus parfaits; et, non content de remplir le grand amphithéâtre de la Sorbonne, grâce à l'attraction qu'une lecture de lui exerçait toujours, il voulut nous abandonner encore le produit des droits d'auteur que ce beau travail devait lui rapporter.

» Je m'arrête, Messieurs, la Société des Amis des Sciences rappellera d'une manière plus complète, dans ses séances annuelles, tout ce que son cher président a fait pour elle et pour ceux qu'elle a mission de défendre et de protéger. Aujourd'hui elle m'a chargé seulement d'apporter l'expression de sa profonde reconnaissance, de sa profonde douleur, sur la tombe de celui qui, jusqu'au dernier jour de sa maladie, lui a consacré toute sa pensée et donné tout son cœur. »

DISCOURS DE M. A. CORNU,

MEMBRE DE L'INSTITUT,

AU NOM DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE.

« Messieurs,

» L'École Polytechnique veut, à son tour, apporter à Joseph Bertrand, l'un de ses plus brillants élèves, qui fut aussi pendant un demi-siècle l'un de ses plus illustres maîtres, le tribut de ses regrets et de son affectueuse admiration.

» Elle revendique le grand honneur d'avoir, par ses traditions et sa discipline scientifique, éveillé dans cet esprit précoce, comme Pascal, le génie mathématique et le goût de ce style sobre et incisif qui valurent au jeune savant les suffrages des géomètres et celui des lettrés.

» En retour, Joseph Bertrand consacra à l'École Polytechnique la plus grande part de sa vie laborieuse (1) et fit rejaillir sur elle l'éclat de son nom dont elle est justement fière.

---

(1) Entré à l'École Polytechnique en 1833;
Répétiteur d'Analyse, le 18 mars 1844;

» C'est donc avec une émotion douloureuse que je viens, au nom de notre chère École, rappeler le souvenir de ce maître incomparable, resté jeune jusqu'à la fin, de sa parole précise et claire, de son regard plein de feu qui donnaient tant de vivacité et de charme à son enseignement.

» Combien il nous est doux de rappeler aussi avec quelle bienveillance il accueillait nos camarades, ses jeunes auditeurs qui, de l'École, le suivaient au Collège de France; avec quelle sollicitude il les soutenait de ses conseils et de son autorité pour leur ouvrir cette carrière si difficile des Sciences qu'il parcourait lui-même avec tant d'éclat et une si merveilleuse facilité.

» Nous n'entendrons plus cette voix ardente, nous ne verrons plus fixé sur nous ce regard pénétrant; mais le souvenir du géomètre éminent, de l'homme de cœur restera gravé dans la mémoire de toutes les promotions qui l'ont connu et aimé.

» Adieu, illustre et cher maître, adieu. »

DISCOURS DE M. DUCLAUX,

MEMBRE DE L'INSTITUT,

DIRECTEUR DE L'INSTITUT PASTEUR.

« Messieurs,

» A tous les témoignages de regrets et de reconnaissance apportés autour de cette tombe, l'Institut Pasteur tient à joindre les siens. J. Bertrand nous appartenait avant la fondation de la maison; il l'a aidée à naître en mettant à son service son influence de savant et la connaissance des hommes et des choses. Quand on l'a inaugurée, il a bien voulu lui servir de parrain, et, depuis, il a constamment veillé à ses destinées avec une affectueuse sollicitude. Tous les membres de notre comité de direction ou de notre assemblée se souviendront de l'esprit

---

Examinateur d'admission, 1847-1851;
Professeur d'Analyse, 1856-1895;
Membre du Comité de la Société amicale des anciens Élèves de l'École Polytechnique, 1865;
Le 27 mai 1894, un Comité, composé de ses anciens Élèves, remet à J. Bertrand une médaille gravée par Chaplain, pour fêter la cinquantième année de son entrée dans l'Enseignement.

allègre et généreux avec lequel il présidait à leurs délibérations. Ce que le directeur actuel peut ajouter, après plusieurs années de collaboration incessante, c'est que, au milieu d'une vie remplie de devoirs de toute sorte, à un âge auquel le repos est doux, surtout à qui a beaucoup travaillé, Bertrand a toujours répondu : Présent! quand on faisait appel à son zèle ou à son dévouement pour l'Institut Pasteur.

» Ce n'était pas seulement son amour pour la Science qu'il manifestait ainsi : il traduisait en outre l'affection et l'estime qu'avait su lui inspirer celui qui fut et restera toujours notre maître. C'était un des mérites de ce mathématicien pur d'avoir deviné et apprécié chez Pasteur des mérites si différents des siens. Différents, ces deux savants l'étaient, en effet, autant qu'on peut l'être. Bertrand était la cascade qui étale au soleil son mirage incessant et varié; Pasteur, l'eau qui creuse lentement et profondément la roche. Mais tous deux avaient le sentiment d'être des ouvriers d'une œuvre plus grande qu'eux, d'une œuvre pour laquelle ils se savaient la même foi, et au lieu de se méconnaître ou de se dédaigner, ils se savaient mutuellement gré d'y travailler avec autant d'ardeur et de succès. Dès qu'ils se sont connus, l'amitié est venue fortifier les liens de sympathie qui les unissaient l'un à l'autre. Ce que l'Institut Pasteur peut affirmer aujourd'hui, c'est que cette amitié n'a pas été dénouée par la mort de Pasteur, et qu'avant comme après cette mort, surtout après, elle nous a été tellement bienfaisante que son souvenir survivra chez nous à la fermeture de cette tombe. »

DISCOURS DE M. GASTON PARIS,

MEMBRE DE L'INSTITUT,

ADMINISTRATEUR DU COLLÈGE DE FRANCE.

« Messieurs,

» Le mérite rare et vraiment singulier de M. Joseph Bertrand présente à l'observation, à l'admiration, les aspects les plus divers et presque les plus opposés. Il n'était pas seulement doué d'un génie mathématique qui, comme celui du grand Pascal, se révéla dès l'enfance, d'une curiosité qu'on peut dire universelle, d'une mémoire prodigieuse qui faisait de lui un érudit presque autant qu'un savant : c'était en outre un écrivain d'un style original et personnel, très travaillé sous une apparence de négligence et avec des disparates et des ellipses voulues, un penseur qu'intéressaient tous les problèmes du macrocosme et du microcosme, un amateur passionné

d'art et de poésie, un causeur inépuisable en anecdotes finement contées et en piqûres sans venin; c'était par-dessus tout un esprit ouvert et libre, un cœur d'une bonté simple, d'une délicatesse exquise, d'une sûreté absolue, d'une générosité pleine de grâce. Devant un tel ensemble de qualités solides et brillantes, celui qui voudra tracer une image fidèle du collègue que nous pleurons devra joindre à une compétence infiniment variée les souvenirs d'une longue intimité personnelle. Cette tâche sera certainement remplie : je ne songe pas à l'entreprendre. D'autres, en ce jour même, vous ont déjà parlé ou vous parleront du secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, du membre de l'Académie française, du professeur à l'École Normale et à l'École Polytechnique, du président de la Société des Amis des Sciences, de l'homme, de l'ami. Je ne veux ici qu'exprimer les regrets profonds que la mort de Joseph Bertrand laisse à ses collègues du Collège de France.

» Il nous appartenait depuis plus de cinquante ans : dès l'année 1847, âgé de vingt-cinq ans seulement, il suppléait son maître, l'illustre Biot, dans la chaire de Physique générale et Mathématique; il le suppléa pendant quinze ans, et fut nommé titulaire, après la mort de Biot, par décret du 29 avril 1862. Depuis lors jusqu'en 1890, il a fait régulièrement son cours, sauf qu'il fut remplacé en 1867 par M. Darboux, de 1874 à 1876 par M. Maurice Lévy, et suppléé par M. Maurice Lévy de 1878 à 1885, par M. Laguerre en 1885-86; depuis 1890 il était suppléé par M. Marcel Deprez.

» Qu'il me soit permis de rappeler ici un détail presque intime, mais qui n'est pas sans intérêt pour l'histoire du Collège et pour la connaissance du caractère de M. Bertrand. Nous avons très sagement établi, dans le règlement actuellement en vigueur, une proportion fixe entre la part du traitement que touche le professeur qui se fait suppléer ou remplacer et celle que touche le suppléant ou remplaçant. Jadis la répartition était laissée à la discrétion du titulaire. Je crois bien que le traitement de M. Bertrand, quand il fut suppléant, resta fort au-dessous de la part fixée aujourd'hui par notre règlement; mais quand il se fit remplacer, sa part fut également inférieure à celle que notre règlement laisse au titulaire. C'est que dans le premier cas ce n'était pas lui qui fixait les proportions du partage, et que c'était lui dans le second.

» Je ne vous parlerai pas ici de ces leçons, dont nos archives conservent le relevé. Il y traitait des sujets dont l'énoncé seul dépasse la moyenne de l'intelligence des profanes. Son premier cours a pour titre : *Étude compara-*

tive des théories auxquelles les géomètres ont tenté d'assujettir les phénomènes de la capillarité; les dernières qu'il ait professées ont roulé sur la *Théorie mathématique de l'électricité*, sur la *Thermo-dynamique* et sur la *Théorie des erreurs d'observation*. Il attirait à ses leçons non une foule qu'il aurait vite trouvé le moyen d'écarter, mais une élite où aux savants déjà célèbres se mêlaient les jeunes gens qui sentaient naître en eux la vocation mathématique et qui la voyaient se préciser et se développer sous son impulsion. Il s'intéressait vivement à ces éveils d'une faculté qu'il avait lui-même possédée, tout jeune, à un degré si éminent. Il aimait que ses auditeurs, après la leçon, vinssent lui poser des questions, lui soumettre des doutes, lui demander de pousser plus avant ce qu'il s'était borné à indiquer dans une exposition concise, qui se piquait d'être élégante en même temps que transcendante. Il devenait pour les jeunes gens un guide et souvent un ami; il leur inspirait autant d'affection que d'admiration. C'est ainsi qu'il vit s'attacher à lui ce jeune Claude Peccot, qui, presque enfant encore, annonçait des dons supérieurs, et qui, à la fleur de l'âge, fut enlevé à la science et à la famille qui le chérissait uniquement. Cette famille a voulu perpétuer sa reconnaissance envers le Collège de France en nous laissant un fonds destiné à permettre à de jeunes savants, surtout mathématiciens, soit de travailler librement, soit de produire en public, dans une de nos chaires, leurs idées ou leurs découvertes. C'est à M. Bertrand que le Collège a dû cette libéralité si bien employée. L'inauguration de l'enseignement créé par la fondation Peccot a eu lieu cette année même et fut une grande joie pour notre collègue, qui avait désigné à notre choix le premier titulaire, et qui voyait avec raison dans cet enseignement d'un caractère si original, à la fois libre et patronné, une innovation capable de rendre les plus grands services à la science, à la jeunesse, au pays, au Collège de France, toutes choses qu'il aimait de tout son cœur.

» Qu'il aimât la science et la France, il l'a prouvé par toute sa vie. Il aima la jeunesse jusqu'à la fin de sa longue carrière; il n'eut jamais contre elle la méfiance ou l'inconsciente jalousie de plus d'un illustre vieillard. Lorsqu'on discutait des candidatures dans nos assemblées, il penchait toujours, — à titres égaux, bien entendu, — pour le candidat le plus jeune, et aussi pour celui qui avait fait le moins de démarches. En cela comme en tout le reste, il manifestait cette indépendance d'esprit qui le caractérisait, et qui lui faisait haïr tout ce qui avait l'air routinier, convenu, scolastique. Il étonnait souvent les assemblées si diverses où l'avaient appelé ses facultés si diverses elles-mêmes par les saillies de son libéralisme intran-

sigeant. Il se retira volontairement du Conseil supérieur de l'Instruction publique parce qu'il vit qu'on tendait à faire prévaloir, pour des examens auxquels il attachait une grande importance, un système trop mécanique, qui ne tenait pas assez de compte de la variété et de l'originalité des esprits. Ces idées libérales et hardies, il les a nettement exposées dans sa déposition récente devant la Commission parlementaire d'enquête sur l'enseignement secondaire, et l'on ne saurait trop engager à méditer cette déposition ceux qui se préoccupent de l'avenir intellectuel de notre pays, et qui ont été frappés, comme lui, du danger que présente notre système d'examens et de concours en faisant la part trop grande à la mémoire, aux dépens de l'initiative personnelle, et en risquant de favoriser la médiocrité et de mettre à l'écart l'originalité créatrice, seule vraiment féconde pour les progrès de la science et la grandeur du pays.

» Cette façon libre et vivante de concevoir l'enseignement désignait Joseph Bertrand pour appartenir au Collège de France, dont elle forme l'esprit même et la raison d'être, et le disposait à aimer notre maison. Aussi l'aimait-il profondément et y était-il très aimé et de plus en plus respecté. Une tradition fondée sur la proportion des représentants des deux groupes qui composent notre corps attribue la présidence de l'assemblée et l'administration du Collège à un représentant des lettres (je ne veux pas dire ici des sciences historiques, car M. Bertrand n'admettait pas que l'histoire, l'archéologie, la philologie fussent des sciences); autrement il y a longtemps que les professeurs du Collège de France eussent été heureux de le mettre à leur tête. Du moins lui ont-ils à peu près constamment rendu hommage en inscrivant son nom sur la liste de présentation et ont-ils toujours prêté à ses avis une attention déférente. C'est que ses avis étaient dictés, — j'en ai donné plus haut des exemples, — par les considérations les plus élevées, par un vif et juste sentiment des conditions d'existence et de progrès de notre institution, et qu'il les exprimait sous une forme heureuse et frappante. Son esprit, jusqu'en ces derniers temps, n'avait rien perdu de sa vigueur et de sa souplesse, ni de cette malice qui, toujours exprimée avec tact, donnait tant de piquant à sa bonhomie. Il savait résumer en quelques mots, de tournure volontiers lapidaire ou même épigrammatique, une sagesse mûrie et féconde en leçons. Aussi plusieurs de ses apophtegmes sont-ils devenus chez nous des proverbes, des « brocards » de notre droit coutumier intime. Nous invoquerons encore bien souvent son autorité enjouée, en regrettant de ne plus voir sa physionomie expressive, de ne plus entendre sa parole

prime-sautière et pittoresque, de ne plus serrer sa main cordiale. Il restera une des plus sûres gloires, et à tous ceux qui l'ont connu de près il laissera un impérissable et cher souvenir. »

DISCOURS DE M. GEORGES PERROT,

MEMBRE DE L'INSTITUT,

DIRECTEUR DE L'ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE.

« Messieurs,

» Pour aucun des témoins de la vie de Joseph Bertrand, ce ne sera une surprise que l'École Normale ait voulu, elle aussi, apporter sur cette tombe l'hommage de son pieux respect, de son affection et de sa reconnaissance. L'École n'a pas eu l'honneur de compter M. Bertrand au nombre de ses élèves; mais elle est fière d'avoir pu inscrire son nom sur la liste des maîtres qui y ont professé les hautes Mathématiques. Il n'y a rempli cette fonction que pendant quatre ans, de 1858 à 1862; mais il n'en a pas moins exercé sur notre Section des Sciences une influence considérable, et dont la trace ne s'est point effacée, non seulement par l'enseignement qu'il y a donné, mais encore par les liens qu'il avait gardés avec la maison, par les conseils et les encouragements qu'il a prodigués à tous ceux qui aimaient la Science et qui s'adressaient à lui. J'ai recueilli le témoignage de quelques-uns de ceux qui ont entendu ses leçons; ils en ont gardé un souvenir plein d'admiration. Sa pensée, m'ont-ils dit, était merveilleusement rapide; elle allait vite au fond des choses, elle éclairait les difficultés et les faisait s'évanouir. Sa parole était élégante et familière; il improvisait volontiers, et se plaisait à montrer comment on cherche, comment on trouve. Tout en s'appliquant à développer l'initiative de ses élèves, il leur apprenait en même temps cette mesure que le professeur doit toujours garder. Il était l'ennemi de toute enflure, de tout développement inutile ou prématuré; il a toujours prêché la simplicité dans l'enseignement et dans le programme. Si, sur cette matière, ses conseils n'ont pas toujours été suivis, ce n'est pas la faute de ses élèves, qui sont toujours restés fidèles à son exemple et à sa doctrine.

» M. Bertrand ne s'est pas contenté de rendre service à l'École par cet enseignement suggestif et fécond; il a tenu à nous prouver son attachement d'une autre façon encore. Il y a une quinzaine d'années, il est venu apporter au président de l'Association des Anciens Élèves de l'École une somme

importante qu'il ne s'attendait pas, disait-il, à recevoir, qu'il venait de toucher à l'improviste, comme membre d'une association jadis fondée par le baron Taylor. Cette donation est une des plus notables parmi celles qui ont concouru, avec les cotisations annuelles et le produit de nos fêtes, à former le capital, bien trop faible encore, à l'aide duquel nous soutenons les mères, les veuves, les enfants de ceux de nos camarades pour qui la vie a été le moins clémente. Nous avons été profondément touchés de ce concours, que rien ne nous avait donné le droit de réclamer, ni même d'espérer. On ne se doutera jamais, me disait hier un de nos plus illustres confrères, de tout le bien que Bertrand a fait pendant sa longue vie. Il était de ceux qui ne souhaitent point que l'on publie et que l'on vante leur bienfaisance; mais ce n'en est pas moins un devoir pour ceux qui, comme nous, en ont profité, de venir témoigner ici que leur maître et ami a été non seulement un savant de premier ordre, mais aussi un modèle d'active et discrète bonté, que, pour tout dire en un mot, il n'a pas été moins grand par le cœur que par l'esprit. »

SÉANCE DU LUNDI 9 AVRIL 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que, en raison des fêtes de Pâques, la séance de lundi prochain 16 avril sera remise au mardi 17.

PHYSIQUE. — *Note sur la transmission du rayonnement du radium au travers des corps;* par M. **Henri Becquerel.**

« Dans des Communications précédentes ([1]) j'ai signalé le fait que l'absorption du rayonnement du radium par divers écrans était variable avec la distance de ces écrans à la source radiante. Si l'on disperse par un champ magnétique la partie déviable de ce rayonnement, et si on le reçoit sur une plaque photographique, on reconnaît que divers écrans placés sur la plaque arrêtent les radiations les plus déviées, jusqu'à une limite inférieure variable avec chaque écran, tandis que ces mêmes rayons semblent traverser les écrans lorsqu'ils sont placés près de la source.

» La variation de l'absorption avec la distance des écrans à la source radio-active a été vérifiée par M. et Mme Curie au moyen d'expériences électriques, et par MM. Meyer et Schweidler au moyen de la phosphorescence.

» La première idée qui vienne à l'esprit lorsqu'on cherche à expliquer ce phénomène est de supposer que, au sortir de l'écran absorbant, on ait affaire à un rayonnement nouveau. Ce rayonnement pourrait être le rayonnement incident, dont toutes les radiations auraient une vitesse moindre et seraient transformées en radiations plus déviables; il se pourrait encore que ce rayonnement fût constitué par des radiations secondaires de la nature de celles que j'ai indiquées l'année dernière ([2]), qui paraissent analogues à celles que M. Sagnac a trouvées pour les corps frappés par les rayons X. Ces radiations nouvelles pourraient être identiques aux radiations absorbées, ou avoir une vitesse moindre.

» Dans les Notes rappelées plus haut, j'ai indiqué quelques expériences qui m'avaient été suggérées par ces hypothèses, et qui ont montré que, dans les conditions particulières où je me trouvais, pour des distances de la source ne dépassant pas 1^{cm} environ, le rayonnement transmis semblait émaner de la source plutôt que de l'écran, et que le rayonnement secondaire ne paraissait pas avoir un effet prépondérant. Il en est autrement pour d'autres dispositions expérimentales.

» Depuis cette époque, plusieurs observateurs ont attribué au rayon-

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 209 et 374.
([2]) *Id.*, t. CXXVIII, p. 773.

nement secondaire un rôle prépondérant dans la transmission du rayonnement des corps radio-actifs.

» M. Villard ([1]) admet, par analogie avec les rayons cathodiques, que tout écran frappé par le rayonnement du radium substitue à ce rayonnement incident un rayonnement qui lui serait propre, et serait toujours normal à la surface de l'écran.

» Suivant M. E. Dorn ([2]), les corps radio-actifs émettraient principalement des radiations non déviables, et les radiations déviables seraient des radiations transformées. M. Dorn m'a écrit récemment pour me proposer une explication des phénomènes rappelés au début de cette Note, en admettant la transformation des radiations incidentes.

» Les expériences suivantes, dont quelques-unes remontent au début de mes recherches, montrent que ces idées ne peuvent être accueillies sans réserve, bien que le rayonnement secondaire puisse, dans certains cas, devenir comparable et même plus intense que le rayonnement transmis.

» Tout d'abord je rappellerai que le rayonnement du polonium préparé par M. et Mme Curie n'est pas déviable et que, même en couvrant la matière par un écran d'aluminium, on ne réalise pas une transformation en rayons déviables dans les conditions, antérieurement décrites, de mes expériences. On n'observe pas non plus, sur la plaque photographique, d'effet dû à des rayons secondaires émis par l'aluminium sous l'influence de la radiation du polonium.

» Pour reconnaître si le rayonnement émis par une source radio-active traverse un écran, je me suis proposé d'étudier l'ombre portée par un objet opaque situé de l'autre côté de cet écran, et de rechercher si l'ombre pouvait être attribuée à des rayons issus soit de la source, soit de l'écran. Je distinguerai deux cas, celui où l'on opère dans un champ magnétique, et où l'ombre est produite par les rayons déviables dispersés, et le cas où l'on opère avec le rayonnement total non dispersé.

» 1° *Rayonnement déviable.* — Dans une expérience décrite antérieurement, j'avais reconnu que, si l'on dispose une plaque photographique horizontalement dans un champ magnétique, en posant sur celle-ci une petite cuve contenant la matière radio-active, l'ombre de divers objets, produite par les rayons ramenés sur la plaque est très sensiblement la même

---

([1]) *Société de Physique*, 2 mars 1900.

([2]) *Abhandl. der Naturforschenden Gesellschaft zu Halle*, Bd. XXII, p. 42, 20 janvier 1900.

lorsqu'on vient à couvrir la source par une gouttière cylindrique d'aluminium parallèle au champ. Sous la gouttière le rayonnement secondaire donne une impression intense; le bord de la gouttière projette lui-même une ombre, montrant que dans cette région les rayons les plus déviables, qui du reste pénètrent très obliquement, ont été arrêtés.

» M. Villard a très justement objecté à cette expérience que, si le rayonnement secondaire était normal au cylindre d'aluminium, tout se passerait comme si la source était l'axe du cylindre.

» L'expérience suivante ne prête pas à cette objection. On dispose normalement à la plaque photographique un écran plan en aluminium, de $0^{mm},1$ d'épaisseur, cet écran étant presque au contact de la cuve contenant la matière active. Si l'on établit contre l'écran, et en dehors, une bande verticale de plomb de très faible épaisseur, on reconnaît que cette bande ne donne pas d'ombre dans la partie la moins déviée de l'impression, mais les rayons les plus déviables projettent une ombre dans laquelle on peut distinguer un mélange de radiations issues de la source et de radiations plus faibles issues de l'écran et déviées par l'aimant. L'expérience est plus nette si l'on substitue à la mince bande de plomb une bande verticale de 1^{mm} d'épaisseur environ et de 5^{mm} de largeur, à 3^{mm} en avant de l'écran. En disposant de l'autre côté de la source une bande toute semblable, on peut, par un renversement du champ, obtenir sur la même épreuve deux ombres, l'une au travers de la lame verticale d'aluminium, l'autre sans l'interposition de cette lame; on reconnaît dans la première un mélange de radiations directes et de radiations soit secondaires, soit diffusées. Ces dernières impressionnent la plaque photographique non du côté où l'écran d'aluminium reçoit le rayonnement incident, mais de l'autre côté de l'écran dans le sens où est entraîné le rayonnement de la source. Cependant, au bord de la lame de plomb et du côté qui reçoit le rayonnement, on observe une augmentation notable de l'action photographique.

» Cet effet se manifeste sous la petite gouttière cylindrique en aluminium dans l'expérience citée plus haut, et il est considérablement plus fort si, à l'aluminium on substitue le plomb. Sous le demi-cylindre, soit en aluminium, soit en plomb, l'impression est plus forte du côté où le rayonnement de la source est rejeté sur la plaque, mais, en même temps, on observe une action sur l'autre côté de la face interne du cylindre. L'impression qui s'étend sur toute la partie couverte par le cylindre métallique se diffuse en tous sens sur les bords de cette région.

» Il résulte donc de ces observations qu'une partie au moins du rayon-

nement secondaire n'est pas dévié, comme l'est le rayonnement du radium; quant à l'autre partie qui se propage dans le sens du rayonnement incident, il n'est pas démontré que ce ne soit pas un effet de diffusion partielle.

» Dans ces diverses expériences, les écrans et les objets sont nécessairement très près de la source; j'ai eu recours à d'autres expériences en dehors du champ magnétique; on observe alors les effets sur les écrans du rayonnement total déviable et non déviable du radium. Cependant, comme les plaques photographiques sont alors enveloppées de papier noir, l'effet recueilli sur celles-ci n'est dû qu'à des rayons capables de traverser cette enveloppe.

» 2° *Rayonnement total.* — Les anciennes expériences que j'ai eu occasion de faire, soit d'abord avec l'uranium, soit plus tard avec les produits préparés par M. et Mme Curie, m'avaient donné, pour un court trajet des rayons dans l'air, des ombres géométriques permettant d'admettre une transmission directe au travers des corps. Je rappellerai en particulier une expérience qui montre que le rayonnement du radium ne se réfracte pas dans le verre; un mince faisceau issu d'une source linéaire donne une impression rectiligne sur une plaque photographique. Si l'on cherche à dévier une partie de cette nappe plane par un prisme dont l'arête soit parallèle à la source, on reconnaît que le rayonnement transmis fait une impression à la même place que le rayonnement direct. Il semble donc bien y avoir, dans ces conditions, un rayonnement transmis issu de la source.

» J'ai réalisé récemment les expériences suivantes :

» On dispose horizontalement une source radiante linéaire, puis au-dessus, parallèlement à la source, un fil de cuivre rectiligne, et enfin, au-dessus, une plaque photographique enveloppée de papier noir. On observe alors sur celle-ci l'ombre géométrique du fil. Si, par exemple, la plaque est à 1^{cm} au-dessus du fil et la source à 2^{cm} au-dessous, et si entre la source et le fil, à égale distance des deux, on interpose un écran d'aluminium de 1^{cm} d'épaisseur, incliné à 45°, l'ombre du fil sur la plaque est notablement plus diffuse. Mais si l'on approche l'écran au contact du fil, l'ombre de celui-ci sur la plaque photographique disparaît presque complètement au milieu d'une impression diffuse. Dans ce cas, la plus grande partie des rayons reçus sur la plaque est formée de rayons issus de l'écran. Le phénomène est très net pour des distances de la plaque au fil et du fil à la source égales à 2^{cm} environ. On peut même obtenir sur la même plaque, d'un côté l'ombre directe, et de l'autre l'effet dû à l'écran d'aluminium.

» Ces effets varient si la distance de l'écran à la source devient moindre. Si l'on place l'écran oblique au contact du fil à 1^{cm} au-dessus de la source, puis la plaque à 1^{cm} au-dessus du fil, on observe alors une légère trace de l'ombre au travers de l'écran de $0^{mm},1$ d'épaisseur. Cette trace est beaucoup plus forte au travers d'une lame d'aluminium plus mince, si la lame n'a que $0^{mm},01$ d'épaisseur, l'ombre est très forte ; on l'observe également dans ces conditions au travers du papier noir et du verre placés au contact du fil.

» L'affaiblissement de l'ombre s'accentue si l'on éloigne l'écran de la source; mais, si l'on diminue l'inclinaison de l'écran, on réalise le même effet qu'en diminuant l'épaisseur. Une lamelle de verre de $0^{mm},15$ d'épaisseur, inclinée à 45°, placée à 1^{cm} au-dessus du fil et à $3^{cm},6$ de la source, donne une faible trace de l'ombre du fil, au milieu d'une impression diffuse.

» Ces apparences semblent confirmer le fait d'une absorption du rayonnement incident, augmentant avec la distance de l'écran à la source. Cela revient à dire que le rayonnement total est d'autant moins pénétrant qu'il a parcouru un chemin plus long dans l'air.

» *Considérations théoriques.* — On pourrait rendre compte d'une partie de ces phénomènes si l'on reconnaissait qu'en traversaut les corps le rayonnement prend une vitesse moindre; l'effet se produirait alors dans l'air, mais les expériences n'ont révélé jusqu'ici aucun retard de cette nature. Si le rayonnement se ralentissait notablement dans l'air, les trajectoires dans un champ magnétique, au lieu d'avoir un rayon de courbure constant, auraient un rayon de courbure qui irait en diminuant à mesure que la vitesse diminuerait, ce qui paraît contraire à l'existence de trajectoires fermées.

» D'un autre côté, l'expérience que j'ai faite dans le vide avec des plaques enveloppées de papier noir ne nous apprend rien sur ce point, car soit la région du maximum d'impression, soit la limite de l'absorption du papier, correspondent à des rayons qui arrivent sur la plaque ou le papier avec des vitesses déterminées, et l'expérience ne nous apprend pas si ces vitesses étaient les mêmes au départ de la source.

» L'expérience suivante peut, au contraire, nous renseigner sur ce point fondamental. Dans un champ magnétique uniforme, on dispose sur une plaque photographique une source de très petit diamètre, puis au moyen de deux petites ouvertures pratiquées dans des écrans en plomb, on isole un faisceau sensiblement homogène décrivant, dans un plan normal au

champ, une trajectoire circulaire bien déterminée, et venant faire sur la plaque une impression limitée. Si l'on place immédiatement après la seconde ouverture un écran absorbant, et s'il arrive que le rayonnement se ralentisse en traversant cet écran, la trajectoire ne sera plus l'arc de cercle primitif, mais un arc de rayon moindre, et la trace de l'impression sera déplacée du côté de la source. On peut même obtenir sur la même plaque la trace de deux faisceaux dont l'un seulement a traversé l'écran absorbant.

» Cette expérience est assez difficile à réaliser, en raison de la faiblesse des impressions et de la longueur des temps de pose; j'ai même disposé une bande photographique de quelques millimètres de hauteur, placée verticalement contre l'écran, au-dessous de la seconde ouverture, pour recueillir l'effet d'un rayonnement très dévié, mais je n'ai observé aucun décalage entre les traces de deux rayons déviés dont l'un a traversé un écran d'aluminium très mince ou une feuille de papier noir. Il semble donc qu'en traversant ces écrans les rayons transmis gardent leur vitesse et leurs charges, ou tout au moins que le produit $\frac{m}{e}v$ varie peu. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la densité et l'analyse du perfluorure de soufre.* Note de MM. **H. Moissan** et **P. Lebeau**.

« Nous avons présenté, à la dernière séance de l'Académie, une Note sur la préparation et les propriétés du perfluorure de soufre. Nous indiquerons aujourd'hui comment nous avons établi la composition de ce nouveau gaz.

» Le fluorure de soufre que nous avons employé dans ces recherches avait été purifié par solidification à $-80°$, puis, lorsque le corps solide avait repris l'état gazeux, on avait laissé dégager les premières portions de gaz qui renfermaient une trace d'azote. Ce traitement avait été répété trois fois, et le perfluorure ainsi obtenu ne renfermait plus d'azote. Il était entièrement absorbable par le sodium au rouge.

» *Densité.* — La densité de ce perfluorure de soufre a été déterminée au moyen de l'appareil de MM. H. Moissan et H. Gautier [1]. Cette manipulation est des plus faciles.

---

[1] H. Moissan et H. Gautier, *Nouvelle méthode pour la détermination de la densité des gaz* (*Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. V, p. 56; 1895).

Nous avons pris grand soin, avant les pesées, de laisser le gaz se mettre en équilibre de température avec l'atmosphère du laboratoire. En opérant sur un gaz pur et sec, nous avons obtenu les chiffres suivants :

1.	2.	3.	4.	Théorie pour SF^6.
4,95	4,99	5,09	5,11	5,06

» La moyenne est de 5,03.

» Dans une série d'expériences préalables, nous avons obtenu des chiffres inférieurs à 5, lorsque le gaz contenait de l'azote ou un autre fluorure de soufre.

» *Dosage du fluor en poids.* — Cette analyse nous a présenté quelques difficultés, et nous n'avons pu la réaliser qu'en décomposant tout d'abord le perfluorure de soufre par la vapeur de sodium au rouge. Cette expérience se fait de la façon suivante :

» On prend une cloche courbe en verre de Bohême dont la grande branche possède une longueur supérieure à 76^{cm}. On emplit cet appareil de mercure, on le retourne sur la cuve, puis on fait passer, dans la partie supérieure, un volume déterminé de perfluorure de soufre, et enfin un fragment de sodium que l'on amène à l'extrémité de la branche courbe fermée. On chauffe ensuite le sodium de façon à le porter à l'ébullition.

» Lorsque la vapeur du métal alcalin est surchauffée, elle décompose, sous pression réduite, le fluorure de soufre, et l'on voit une flamme partir du sodium et parcourir une grande partie du tube. On continue à chauffer quelques minutes sans arriver cependant à une absorption complète du gaz. On coupe ensuite, sous le mercure, la partie inférieure de cette longue cloche courbe, de façon à la ramener à des dimensions qui permettent de la retourner sur le mercure pour recueillir et mesurer le gaz résiduel.

» Ce gaz est formé entièrement de perfluorure de soufre non décomposé.

» Le corps solide, qui résulte de l'action du sodium sur le fluorure de soufre, est un mélange contenant l'excès de métal, du sulfure et du fluorure de sodium.

» Cette substance, au contact de l'eau, fournit une dissolution de fluorure, de sulfure et d'alcali. Pour doser le fluor et le soufre dans ce liquide, nous avons précipité le soufre à l'état de sulfure d'argent en laissant la liqueur légèrement alcaline. L'oxyde d'argent se précipitant le dernier, il ne reste que très peu d'argent en solution et l'on enlève ce dernier par

quelques gouttes d'acide chlorhydrique. Après neutralisation par le carbonate de soude, le fluor est précipité au moyen du chlorure de calcium. Le précipité est lavé, puis calciné, enfin, repris par l'acide acétique. Le fluorure, recueilli sur un filtre, est calciné puis pesé.

» Nous avons obtenu ainsi les teneurs suivantes en fluor :

1.	2.	3.	Théorie pour SF^6.
78,40	78,62	79,10	78,08

» *Dosage du soufre en poids*. — Le mélange de sulfure d'argent et d'oxyde d'argent, précipité par la soude, nous permet de doser le soufre en poids. En effet, après filtration, le filtre et son contenu sont introduits dans une fiole conique, puis traités par l'acide nitrique fumant. Le sulfure est transformé en sulfate, et l'argent est ensuite éliminé à l'état de chlorure. On chasse enfin la plus grande partie de l'acide nitrique et le soufre est précipité à l'état de sulfate de baryum.

1.	2.	Théorie pour SF^6.
22,00	22,25	21,91

» *Dosage du fluor et du soufre en volumes*. — 1° Par l'action du soufre sur le perfluorure en présence du verre.

» Nous avons démontré, dans une Note précédente, que la vapeur de soufre surchauffée décomposait le gaz perfluorure de soufre en produisant un corps moins fluoré qui, à cette température, était détruit par les silicates du verre, avec formation de fluorure de silicium et d'acide sulfureux.

» Il est facile, d'une façon approchée, de déterminer dans un mélange de fluorure de silicium et d'acide sulfureux la proportion de chacun de ces deux gaz par l'addition d'une goutte d'eau ou d'un cristal de sulfate ferreux hydraté. Ce dernier composé absorbe, en une heure environ, le fluorure de silicium, sans dissoudre une quantité notable d'acide sulfureux.

» Nous nous sommes assurés, dans des essais préliminaires faits sur des mélanges connus de fluorure de silicium et d'anhydride sulfureux, que cette séparation fournissait des résultats assez satisfaisants. Nous publierons le détail de nos analyses dans le Mémoire qui paraîtra aux *Annales de Chimie et de Physique*.

» Nous donnerons simplement, comme exemple, les chiffres suivants obtenus dans une de ces analyses :

Fluor pour 100	78,82
Soufre pour 100	20,50

» La formule SF^6 exigerait théoriquement F : 78,08 et S : 21,91.

» De plus, cette décomposition du fluorure de soufre, par la chaleur, en présence de la vapeur de soufre et du verre conduisant à un équilibre final, dans lequel il n'existe plus que du fluorure de silicium et de l'acide sulfureux,

$$\underbrace{2SF^6}_{4\text{ vol.}} + 3SiO^2 + S = \underbrace{3SiF^4}_{6\text{ vol.}} + \underbrace{3SO^2}_{6\text{ vol.}}$$

il est facile de reconnaître si la contraction répond bien à la formule ci-dessus.

» En effet, d'après cette équation, 4 volumes de fluorure de soufre doivent donner après l'expérience 12 volumes de gaz.

» Dans trois analyses faites sur la cuve à mercure, nous avons trouvé les chiffres suivants :

	1.	2.	3.
Volume primitif	7,8	11,6	14,7
» après action du soufre	22,0	33,4	42,7
Augmentation de volume calculée	22,4	33,8	43,1

ce qui vérifie bien l'équation précédente.

» *Dosage du fluor en volume.* — 2° Par le sélénium.

» Nous avons vu précédemment que le sélénium en vapeur agissait ainsi que le soufre sur le perfluorure. Il se produit en présence du verre, du fluorure de sélénium, un fluorure de soufre, moins riche en fluor, de l'anhydride sélénieux et de l'anhydride sulfureux. Ces derniers composés prennent naissance en même temps, ce qui ne permet pas le dosage du soufre. Mais les fluorures de sélénium et de soufre attaquent tous les deux le verre au rouge; nous avons pu, d'après le volume de fluorure de silicium produit, déterminer le volume du fluor de notre perfluorure de soufre.

» Cette action du sélénium se produit lentement, sans incandescence, et, comme celle du soufre, elle n'est complète qu'après une chauffe très prolongée. Nous avons obtenu ainsi, pour le fluor, la proportion de 78,88 pour 100.

» *Analyse donnant le rapport du soufre au fluor.* — La méthode analytique qui consiste à décomposer le fluorure de soufre par la vapeur de sodium est très délicate, parce que le sodium se recouvre avec la plus grande facilité d'une petite couche d'hydrate, par un contact très court avec l'air atmosphérique. Si l'on chauffe alors ce sodium en partie oxydé en présence du perfluorure de soufre, en même temps que ce dernier est

partiellement décomposé, il se produit une petite quantité d'hydrogène. Il devient donc impossible de tenir compte du volume final, car la séparation du perfluorure de soufre et de l'hydrogène n'a pu être faite d'une manière exacte. Par addition d'oxygène dans l'eudiomètre, puis par détonation, une certaine partie du perfluorure est décomposée grâce à la grande quantité de chaleur produite par la réaction.

» Dans ces conditions, le dosage du fluor et du soufre en poids permet encore cependant d'établir le rapport de ces deux corps simples, et il nous a donné les chiffres suivants :

	1.	2.	Théorie.
Fluor............	78,60	77,70	78,08
Soufre...........	21,40	22,30	21,91

qui, comme les analyses précédentes, correspondent à la formule SF^6.

» *Conclusions.* — En résumé, par l'action d'un excès de fluor sur le soufre, on obtient un nouveau corps gazeux, le perfluorure de soufre de formule : SF^6. Ce gaz est un des plus lourds que nous connaissions, puisque sa densité est égale à 5,03.

» Sa composition établit d'une façon très nette l'hexatomicité du soufre. Comme composé fluoré, il correspond à l'anhydride sulfurique SO^3. Mais l'inertie de ses propriétés rend son étude très intéressante. Il est assez curieux de remarquer que deux corps aussi actifs qne le fluor et le soufre fournissent en se saturant complètement un gaz inattaquable par la potasse fondue ou par le sodium à son point de fusion.

» Ce nouveau fluorure de soufre est totalement différent des chlorures de soufre que nous connaissons; il démontre, une fois de plus, qu'en chimie il est bon de se défier des analogies et que le fluor, tout en appartenant à la famille des halogènes, possède un caractère bien spécial qui lui permet parfois de fournir des combinaisons inattendues. »

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les Fougères fossiles enracinées du terrain houiller.* Note de M. **Grand'Eury**.

« Les racines de Fougères sont communes dans les forêts fossiles des bassins houillers du Plateau central, et l'on peut s'étonner qu'elles aient échappé à l'attention des observateurs qui ne les ont pas reconnues.

» A Saint-Étienne, les plus répandues sont les *Psaronius,* Cotta, aux-

quels les intermédiaires et la communauté de gisement rattachent les Pécoptéridées.

» *Fougères arborescentes.* — Le port général en a été décrit sous le nom de *Psaronius in loco natali*, Gr. Ces tiges debout sont entourées et presque entièrement formées à la base de racines innombrables, égales, rubanées, à structure lacuneuse, se rapportant en grande partie aux racines aquatiques de *Ps. giganteus*, Corda.

» Dans l'état le plus simple, les racines sont étalées à la base, formant un cône par lequel la tige repose en quelque façon sur la roche dans laquelle une partie de ses racines ont pénétré en divergeant. Au-dessus du cône des racines, on voit celles-ci descendre de très haut le long de la tige, et en dessous, lorsqu'on peut suivre cette tige au milieu des racines, on la voit s'amincir, puis se recourber et s'enfoncer obliquement dans le sol inférieur, rappelant la tige couchée des Fougères en arbres dans le premier stade de développement. Il n'y a pas de doute que les racines n'aient poussé libres dans l'eau, car les plus extérieures sont enchevêtrées, elles sont souvent déjetées par côté, et les tiges avec leurs racines penchent parfois, et sont même renversées dès la base du même côté. Les *Psaronius* se sont ainsi développés, le pied dans l'eau, hors du sol de fond auquel ils tenaient par quelques racines et un faux rhizome.

» Or, leurs racines sont assez souvent étalées à plusieurs niveaux, formant autant de cônes superposés. Dans ce cas, de chacun des cônes se détachent en dessous quelques racines qui, s'enfonçant dans la roche sous-jacente, fixent la tige aux bancs de rocher qu'elle traverse normalement. Par tous ces liens, la croissance des *Psaronius* en place se montre contemporaine du dépôt des roches. Adaptés comme les *Arthropitus* aux eaux courantes, ils s'accommodaient pendant la vie de la surélévation du sol en produisant de nouvelles racines libres après le recouvrement des anciennes.

» Lorsque les tiges s'élèvent assez haut, on les voit, se dépouillant peu à peu de leurs racines, passer insensiblement aux *Ptychopteris;* quelques-unes sont ornées à la partie supérieure de cicatrices de *Caulopteris*, ou de *Protopteris,* et cela parfois si près de la base, que celle-ci devait croître dans des eaux peu profondes, comme l'indique d'ailleurs la forme lenticulaire des grès et schistes mélangés entre les tiges dressées de Fougères arborescentes fossiles.

» Les *Psaronius* enracinés sont variés : il y en a de très petits à côté de tiges de 4^m à 5^m de hauteur avec des racines étalées à la base sur un cercle

de $2^m,50$ de diamètre. Tantôt les racines cheminent ligneuses entre l'écorce et le bois jusqu'à la base des tiges, tantôt les tiges sont enveloppées de racines sur toute la hauteur. Celles-ci réduites à l'épiderme, sont, ou grêles de $0^m,005$, ou épaisses de $0^m,02$ à $0^m,03$. Elles paraissent généralement simples. Rarement on les voit nettement croisées par des racines secondaires bien marquées.

» *Touffes de Fougères herbacées.* — Dans les sols de végétation fossile, on trouve non moins fréquemment des groupes ou faisceaux de racines sans tiges, symétriquement disposées autour d'un axe normal à la stratification, plus ou moins inclinées, convergeant en haut, inégales, ramifiées et complètes jusqu'aux radicelles, qui ont incontestablement poussé sur place, car ces racines étant souvent fort longues traversent quelquefois des bancs de grès et de schiste alternants.

» Elles sont d'ordinaire arasées en haut, et, vides et réduites à leur épiderme, elles sont remplies de limon. Elles se rejoignent rarement en haut sur le sol de végétation, et dans ce cas il m'a bien semblé, sans que je puisse toutefois l'affirmer, qu'elles étaient entremêlées de gros pétioles de Fougères renversés sur place.

» S'il en était réellement ainsi, aux faisceaux de racines dont il s'agit auraient correspondu autant de bouquets isolés de Fougères herbacées subaquatiques, dont la destruction et l'enlèvement par les eaux ne nous auraient laissé que les racines souterraines.

» *Aulacopteris enracinés.* — Le groupe des Névroptéridées comprend des Fougères non fructifères que, à raison de la structure de leurs stipes, des paléobotanistes placent près des Cycadées. Ce sont plutôt, je crois, de grandes Fougères sociales dont la propagation paraît avoir été assurée par des espèces de tiges rampantes rappelant les *Aulacopteris,* à allure indécise, accrochées au sol par des racines en place. Aux mêmes endroits on trouve des systèmes de fortes racines inclinées striées très complexes, que j'ai cru surprendre sortant de bulbes caulinaires d'*Aulacopteris.* Mais ces rhizomes et ces racines me sont encore peu connues.

» Ce qu'il y a de certain, c'est que, avec les *Aulacopteris* transportés et couchés à plat dans les schistes, sont d'ordinaire mélangées confusément de très nombreuses fibrilles radicellaires; celles-ci tirant leur origine de fines pousses latérales des stipes, divisées à l'infini [1]. Étant emmêlées, ces

---

[1] L'*Hydatica prostrata* d'Artis est vraisemblablement un *Aulacoptoris* pourvu de radicelles filiformes.

racines chevelues se sont sans doute développées librement, avec les stipes, dans un milieu aquatique ou tout au moins très humide.

» *Rhizomopteris*, Sch. — Les Fougères vivantes étant des plantes rhizomateuses, il semble que l'on devrait trouver beaucoup de rhizomes de Fougères dans le terrain houiller. Il n'en est rien, ou plutôt on ne rencontre que des vestiges indéterminables de rhizomes en rapport avec des racines analogues à celles des Fougères, assez fortes, inégales, peu ramifiées, complètes jusqu'aux radicelles, vides et réduites à un épiderme mi-aplati et chiffonné. Ces racines, perpendiculaires au sol et rangées en ligne comme celles des *Stigmaria*, révèlent l'existence de rhizomes détruits, qui ont dû ramper au fond de l'eau comme ceux des *Nymphea*, car s'ils eussent couru dans la vase comme les *Stigmaria*, on les retrouverait certainement aussi dans les anciens sols de végétation.

» Cette circonstance de rhizomes rampants découverts était très défavorable à leur conservation, et il est à craindre que la découverte de ceux des Fougères ne se fasse attendre encore longtemps. »

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *De l'immunité contre le charbon symptomatique après l'injection du sérum préventif et du virus naturel isolés ou mélangés;* par M. S. Arloing.

« Dans une précédente Communication (*Comptes rendus* du 26 février 1900), j'ai montré que le sérum sanguin d'un bovidé fortement immunisé contre le charbon symptomatique était capable de conférer une immunité passive aux moutons qui le reçoivent par la voie sous-cutanée ou la voie sanguine, permettant à ces derniers de tolérer une dose mortelle de virus frais. Je disais dans la même Note que ce sérum mélangé *in vitro* au virus frais semblait le neutraliser, attendu qu'une dose de virus cinq fois plus forte que la dose mortelle peut être supportée sans le moindre inconvénient par le mouton pourvu qu'elle ait été associée préalablement à une quantité de sérum double de son volume.

» II. L'état résistant créé par l'injection du sérum est éphémère. Kitt en a limité la durée à huit jours. Dans mes expériences, il a disparu plus tôt : présent au quatrième jour après l'injection, il avait entièrement disparu au huitième jour. Mais cette séro-immunité éphémère est transformée en une immunité active beaucoup plus durable lorsque les moutons imprégnés de sérum ont supporté, en outre, une dose mortelle de virus frais.

» Ainsi, en injectant d'abord à des moutons 8^{cc} à 10^{cc} de sérum sous le derme ou 1^{cc} dans la jugulaire; puis, quatre ou cinq jours plus tard, $\frac{1}{10}$ de centimètre cube de virus frais type dans les muscles, on donne aux sujets une immunité active très solide.

» Effectivement, qu'on laisse écouler douze à quinze jours, temps plus que suffisant pour amener la disparition complète de la séro-immunité, et qu'on inocule une nouvelle dose de virus frais dans la masse musculaire d'une autre cuisse, tous les moutons survivront à cette seconde épreuve, tandis qu'un mouton témoin recevant la même quantité de virus frais sera emporté en trente heures environ.

» J'ajouterai cependant que les moutons vaccinés peuvent boiter, présenter un œdème léger de la région tibio-tarsienne et parfois même un abcès qui évolue lentement et s'ouvre spontanément; mais ces animaux ne perdent jamais la gaieté et l'appétit.

» III. Peut-on créer également l'immunité active par l'injection d'un mélange de sérum et de virus actif, injection admirablement supportée par les animaux? Il était impossible de préjuger cette question, tranchée déjà tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, pour d'autres maladies virulentes. Résolue affirmativement par Leclainche, pour le rouget du porc, par Lœffler, pour la fièvre aphteuse, elle a été, au contraire, résolue négativement par Babès, pour la rage; par Nocard et Roux, pour la péripneumonie contagieuse des bovidés.

» En ce qui regarde le charbon symptomatique, la solution se place entre les deux précédentes.

» J'ai institué deux expériences comprenant chacune cinq sujets soumis au sérum-virus et deux témoins. Dans chaque expérience, les cinq premiers sujets ont reçu du sérum-virus dans la profondeur des muscles d'une cuisse. Toutefois, on a fait varier pour chaque animal la proportion de sérum, alors que la dose de virus actif est restée la même pour tous. Ainsi, le n° 1 a reçu $0^{cc},1$ de virus mélangé à 2^{cc} de sérum; le n° 2, $0^{cc},1$ de virus mélangé à 1^{cc} de sérum; le n° 3, $0^{cc},1$ de virus associé à $0^{cc},5$ de sérum; le n° 4, $0^{cc},1$ de virus mélangé à $0^{cc},35$ de sérum; le n° 5, $0^{cc},1$ de virus mélangé à $0^{cc},25$ de sérum immunisant. Douze jours plus tard, sur ces moutons et sur deux témoins, on injecta $0^{cc},1$ de virus actif dans les masses musculaires de l'autre cuisse. Les témoins succombèrent très rapidement, cela va sans dire. Quant aux dix sujets imprégnés préalablement de sérum-virus, neuf périrent du charbon, un seul survécut.

» Mais je m'empresserai de faire observer que les victimes de cette

catégorie résistèrent davantage que les témoins. Ainsi, tandis que ceux-ci moururent en l'espace de trente à quarante heures, ceux-là survécurent trois, quatre, cinq jours à l'inoculation d'épreuve.

» Il m'avait semblé, dans une expérience, que la survie, chez les moutons soumis au sérum-virus, était en raison inverse de la dose de sérum introduite dans le mélange. Cette particularité ne s'est pas maintenue ultérieurement, le seul sujet qui ait échappé à la mort avait reçu la dose maxima de sérum, de sorte qu'il doit probablement son salut à un état résistant naturel.

» J'ajouterai que les conditions les plus favorables à la production de l'immunité active par le sérum-virus se rencontraient dans mes expériences, car l'inoculation a toujours été faite immédiatement ou très peu de temps après le mélange des deux produits. Cependant, on le voit, le sérum-virus s'est borné à augmenter très faiblement la résistance de mes animaux.

» IV. L'insuffisance du sérum-virus à produire l'immunité contre le charbon symptomatique est de nature à éveiller particulièrement l'attention. Pourquoi cette espèce d'anomalie? Les microbes inoculés seraient-ils tués par le sérum ou seraient-ils détruits par une phagocytose active provoquée par le sérum immunisant? Ils ne sont pas tués, car si l'on inocule au cobaye des bacilles qui ont subi longtemps le contact du sérum et ont été débarrassés de celui-ci par plusieurs lavages à l'eau salée, le cobaye succombe au charbon. Et maintenant, tout en admettant l'existence de la phagocytose, il est permis de se demander si elle serait capable d'empêcher le développement de l'immunité. Effectivement, à la suite de l'immunité créée par l'inoculation de très petites doses de virus naturel, sans apparition d'accident local concomitant, on conçoit que l'exercice de la phagocytose n'est pas inconciliable avec la vaccination.

» Je serai plus disposé à appeler à mon aide un fait signalé dernièrement par Leclainche et Vallée. Ces expérimentateurs ont observé que le bacille du charbon symptomatique est inoffensif s'il est inoculé après avoir été débarrassé des toxines qui l'accompagnent. Or, étant donnée la propriété antitoxique du sérum immunisant, on peut se demander si la neutralisation des toxines par le sérum dans un mélange de sérum et de virus frais n'équivaudrait pas à la suppression des toxines. Si la réponse était affirmative, on concevrait que les inoculations de sérum-virus ne produisissent pas d'immunité.

» Mais je me suis fait à moi-même plusieurs objections qui m'empêchent

d'accepter d'emblée cette interprétation. En effet, l'action du sérum-virus n'est jamais nulle; elle augmente toujours plus ou moins la résistance naturelle du mouton et même notablement celle du bœuf; de plus, ce résultat est indépendant du titre du mélange; enfin, dans mes expériences où j'ai fait usage de virus naturel et non de cultures, les microbes débarrassés des toxines n'ont pas perdu toute leur virulence. L'explication rationnelle de l'anomalie qui se dresse devant nous reste donc à trouver.

» V. Pour le moment, je tirerai les conclusions suivantes des faits exposés dans cette Note :

» Il est facile de procurer au mouton, sans danger, une immunité active solide par l'injection isolée et successive de doses convenables de sérum et de virus actif. Mais on ne peut compter sur un résultat analogue par l'injection de sérum-virus, même en faisant varier dans ce mélange les quantités de sérum et de virus. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Physique, conformément au décret du 24 juin 1899.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 38,

M. Michelson obtient	....	35	suffrages
M. Righi	»	2	»
M. Thalen	»	1	»

M. Michelson, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant pour la Section de Physique.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. E. Deburaux soumet au jugement de l'Académie un Mémoire intitulé : « Compte rendu d'expériences aérostatiques ».

(Renvoi à la Commission des aérostats.)

M. Antoine Cros soumet au jugement de l'Académie « une théorie de la gravitation ».

(Renvoi à la Section de Physique.)

M. **Jean-Léo Lefort** adresse un Mémoire sur la Géographie physique de la Lune.

(Renvoi à la Section d'Astronomie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture d'un télégramme adressé par M. *Roiti* pour présenter les profonds regrets de la Faculté des Sciences de Florence au sujet de la perte douloureuse que l'Académie vient d'éprouver.

M. **Van der Waals**, élu Correspondant pour la Section de Physique, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Ministre des Affaires étrangères** transmet à l'Académie deux Communications du Consul général de France à New-York au sujet des travaux poursuivis par M. *Raoul Pictet* pour la production économique de l'oxygène liquide ou gazeux.

Ces Communications sont renvoyées à l'examen de la Section de Physique.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'observatoire de Lyon* (*équatorial Brunner de* $0^{m},16$) *pendant le quatrième trimestre de* 1899, *et résumé annuel pour* 1899. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. Mascart.

« Ces observations sont résumées dans les Tableaux suivants :

» Le premier donne, à droite de l'indication du mois, le nombre proportionnel des jours sans taches; les colonnes successives renferment les dates extrêmes d'observation, le nombre d'observations de chaque groupe, le moment du passage au méridien central du disque solaire (en jour et en fraction de jour, temps civil de Paris), les latitudes moyennes, les surfaces moyennes des groupes de taches, exprimées en millionièmes de l'aire d'un hémisphère et réduites au centre du disque; à la fin de chaque mois on a indiqué le nombre de jours d'observation et la latitude moyenne de l'ensemble des groupes observés dans chaque hémisphère.

Tableau I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'obser-vations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
		Octobre 1899. — 0,39			
9-11	2	14,0		+14	12
13	1	16,8		+ 2	2
20	1	22,7		+22	1
19-21	3	25,0		+ 3	42
26-29	4	26,0	−10		6
23-29	7	28,7	−10		153
27-29	3	31,6	−10		18
	18 j.		−10°,0	+10°,3	
		Novembre 1899. — 0,46			
14	1	12,9		+ 8	3
13-18	3	16,2		+ 8	28
11-18	7	17,5	− 6		59
	13 j.		− 6°,0	+ 8°,0	
		Décembre 1899. — 0,19			
3- 4	2	3,2	−13		4
6	1	3,9	− 3		2
4- 9	5	9,2	−12		43
12	1	12,7		+ 5	2
11-20	5	17,1		+ 7	65
13	1	18,7	−11		98
19	1	19,4	−12		3
19-20	2	20,4	−12		2
29-30	2	28,1	−10		24
	16 j.		−10°,4	+ 6°,0	

Tableau II. — *Distribution des taches en latitude.*

1899.	Sud. 90°. 40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	20°.	30°.	40°.	90°.	Totaux mensuels.	Surfaces moyennes réduites.
Octobre ...	»	»	»	»	3	3	4	2	1	1	»	»	7	234
Novembre..	»	»	»	»	1	1	2	2	»	»	»	»	3	90
Décembre..	»	»	»	5	2	7	3	2	»	»	»	»	9	243
Totaux ..	»	»	»	5	6	11	8	6	1	1	»	»	19	567

Tableau III. — *Distribution des facules en latitude.*

1899.	Sud. 90°. 40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	20°.	30°.	40°.	90°.	Totaux mensuels.	Surfaces moyennes réduites.
Octobre....	»	1	1	4	2	8	12	2	1	»	1	7	20	6,1
Novembre..	»	»	»	2	2	4	6	2	»	»	1	3	10	5,0
Décembre..	5	1	»	6	5	17	8	3	1	»	»	4	25	12,9
Totaux...	5	2	1	12	9	29	26	8	2	»	2	14	55	24,0

» Le deuxième Tableau donne les nombres mensuels de groupes de taches contenus dans des zones consécutives de 10° de largeur et les surfaces mensuelles des taches (en millionièmes de l'hémisphère).

» Le troisième, enfin, renferme des données analogues pour les régions d'activité du Soleil, c'est-à-dire pour les groupes de facules contenant ou non des taches; dans ce dernier Tableau, les surfaces mensuelles des facules, toujours réduites au centre du disque, sont exprimées en millièmes de l'hémisphère.

» Les principaux faits qui en résultent sont les suivants :

» Il y a eu dans ce trimestre 47 jours d'observation.

» *Taches.* — On a noté 19 groupes de taches avec une surface totale de 567 millioniêmes, nombres très peu supérieurs à ceux du trimestre précédent, où l'on a eu 16 groupes et 499 millioniêmes; la répartition de cette augmentation entre les deux hémisphères est de 1 groupe au sud et 2 au nord.

» D'autre part, le nombre des jours sans taches est de 16 (7 en octobre, 6 en novembre, 3 en décembre), inférieur de plus de moitié à celui noté précédemment, qui était de 35.

» *Régions d'activité.* — Malgré une augmentation notable du nombre des groupes de facules (13), la surface totale de ces phénomènes est moindre; on a, effectivement, 55 groupes avec 24,0 millièmes, au lieu de 42 groupes et 29,0 millièmes notés dans le troisième trimestre.

» Comme les taches, les facules ont augmenté au nord de l'équateur; néanmoins la fréquence des phénomènes est plus forte dans l'hémisphère austral que dans l'autre.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines équations de Monge-Ampère.* Note de M. J. CLAIRIN, présentée par M. Darboux.

« Je me suis proposé d'indiquer un exemple de transformations de Bäcklund établissant une correspondance uniforme entre les intégrales des équations transformées, et de montrer que ces transformations permettent de réduire certaines équations intégrables par la méthode de M. Darboux à des équations intégrables par la méthode de Monge.

» L'équation de Monge-Ampère (e) $r + ms + M = 0$ dérive de la transformation

$$(\mathrm{I})\quad \left\{\begin{aligned} &x' = \varphi(x, y, z, p, q), \qquad y' = y,\\ &z' = \varpi(x, y, z, p, q), \qquad p' = \frac{m\dfrac{\partial\varpi}{\partial p} - \dfrac{\partial\varpi}{\partial q}}{m\dfrac{\partial\varphi}{\partial p} - \dfrac{\partial\varphi}{\partial q}} = \psi(x, y, z, p, q),\end{aligned}\right.$$

si φ et ϖ sont deux intégrales de l'équation

$$(\alpha) \qquad \frac{\partial f}{\partial x} + p\frac{\partial f}{\partial z} - (\mathrm{M} + \lambda m)\frac{\partial f}{\partial p} + \lambda\frac{\partial f}{\partial q} = 0,$$

λ étant une fonction arbitraire de x, y, z, p, q.

» Comme je l'ai montré dernièrement ([1]), $z'(x', y')$ satisfera à une équation aux dérivées partielles du second ordre (e') si à un élément (x', y', z', p', q') correspondent ∞ éléments unis (x, y, z, p, q). Il suffit pour cela que ψ satisfasse à l'équation (α), c'est-à-dire que φ et ϖ soient deux intégrales du système complet

$$\frac{\partial f}{\partial x} + p\frac{\partial f}{\partial z} - (\mathrm{M} + \lambda m)\frac{\partial f}{\partial p} + \lambda\frac{\partial f}{\partial q} = 0,$$
$$\frac{\partial f}{\partial z} - (\xi + m\mathrm{H})\frac{\partial f}{\partial p} + \mathrm{H}\frac{\partial f}{\partial q} = 0,$$

où ξ, λ, H, vérifient les équations suivantes

$$m\xi = \frac{\partial m}{\partial x} + p\frac{\partial m}{\partial z} - \mathrm{M}\frac{\partial m}{\partial p} + m\frac{\partial \mathrm{M}}{\partial p} - \frac{\partial \mathrm{M}}{\partial q},$$
$$\lambda\left(\frac{\partial m}{\partial z} - \xi\frac{\partial m}{\partial p} + m\frac{\partial \xi}{\partial p} - \frac{\partial \xi}{\partial q}\right) = \frac{\partial \xi}{\partial x} + p\frac{\partial \xi}{\partial z} - \mathrm{M}\frac{\partial \xi}{\partial p} - \xi^2 + \frac{\partial \xi}{\partial x} + \xi\frac{\partial \mathrm{M}}{\partial p},$$
$$\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial x} + p\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial z} - (\mathrm{M} + \lambda m)\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial p} + \lambda\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial q} - \mathrm{H}\frac{\partial \lambda}{\partial q} - (\xi + m\mathrm{H})\left(\mathrm{H} - \frac{\partial \lambda}{\partial p}\right) - \frac{\partial \lambda}{\partial z} = 0.$$

Il est facile de trouver la forme de l'équation (e') en remarquant que le système (I) peut s'écrire

$$(\mathrm{I}') \quad x = g(x', y', z', p', z), \quad y = y', \quad p = \frac{1}{\dfrac{\partial g}{\partial z}}, \quad q = k(x', y', z', p', z),$$

g et k étant des fonctions convenablement choisies : (e') ne contient pas t et est linéaire en s' et q'.

» Inversement, étant donnée une équation

$$(e') \qquad s' + q'\,\mathrm{G}(x', y', z', p', r') + \mathrm{K}(x', y', z', p', r') = 0,$$

il lui correspond une équation (e). Les fonctions g et k qui définissent la

---

([1]) *Comptes rendus*, 5 février 1900.

transformation (I′) sont déterminées par les deux équations

$$\frac{\partial g}{\partial z'} = \frac{\partial g}{\partial p'} G\left(x', y', z', p', -\frac{\frac{\partial g}{\partial x'} + p'\frac{\partial g}{\partial z'}}{\frac{\partial g}{\partial p'}} \right),$$

$$\frac{\partial g}{\partial y'} + k\frac{\partial g}{\partial z} = \frac{\partial g}{\partial p'} K\left(x', y', z', p', -\frac{\frac{\partial g}{\partial x'} + p'\frac{\partial g}{\partial z'}}{\frac{\partial g}{\partial p'}} \right).$$

» L'un des systèmes de caractéristiques de l'équation (e) admet toujours l'invariant du premier ordre $y = \text{const.}$; si le même système admet en outre un invariant du second ordre, l'équation (e) possède une intégrale intermédiaire du second ordre d'une fonction arbitraire, à laquelle correspond pour (e') une intégrale intermédiaire du premier ordre dépendant également d'une fonction arbitraire. Dans ce cas (e') sera donc linéaire en r', s', et intégrable par la méthode de Monge.

« Il est aisé de déduire de là un procédé qui permet d'obtenir, à une transformation de contact près, toutes les équations de Monge-Ampère admettant pour l'un de leurs systèmes de caractéristiques un invariant du premier ordre et un invariant du second ordre : si η désigne une fonction quelconque de x, y, z, z', la transformation de Bäcklund

$$z' = p, \qquad g' + p'\frac{\partial \eta}{\partial z'} + \frac{\partial \eta}{\partial x} + z'\frac{\partial \eta}{\partial z} = 0,$$

conduit pour z à une équation intégrable par la méthode de Monge, et pour z' à une équation jouissant de la propriété énoncée. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation générale des fonctions analytiques quelconques.* Note de M. **Desaints**, présentée par M. Poincaré.

« ... La voie que j'ai suivie tout d'abord découlait d'une généralisation de la méthode de Laguerre (cours de M. Hermite), dont j'ai fait une application aux débuts de mes recherches sur les fonctions non uniformes dans une proposition incidente d'une Note aux *Comptes rendus* (11 mars 1895) et dans ma Thèse; cette méthode a été depuis reprise par M. Leroy (*Comptes rendus*, 1898). J'ai dû ensuite abandonner cette voie, faute de généralité, facile à prévoir, dans les résultats qu'elle permet.

» ... Voici une nouvelle méthode et de nouveaux théorèmes susceptibles d'expliquer et de généraliser les résultats obtenus par Laguerre, par MM. Leroy et Borel, dans la représentation analytique des fonctions et dans la sommation des séries divergentes :

» Considérons une série $\omega(z) = \Sigma_n(z)$.

» Écrivons d'une certaine manière $\omega_n(z) = P_n Q_n \ldots S_n$.

» Posons

$$P_n = \int_C \Phi_1(u)\,\varphi_n^{(1)}(u, z)\,du \ldots S_n = \int_L \Phi_k(w)\,\varphi_n^{(k)}(u, z)\,dw,$$

où $\varphi_n^{(1)}(u, z) \ldots \varphi_n^{(k)}(w, z)$ sont des fonctions qui possèdent un pôle simple unique, indépendant de z, situé, quel que soit n, à l'intérieur de C, ..., L où $\Phi_1(u) \ldots \Phi_k(w)$ sont respectivement holomorphes. Dans ces conditions la série $\omega(z)$ s'écrit

$$\sum P_n Q_n \ldots S_n = \int_C du \int_D dv \ldots \int \Phi_1 \Phi_2 \ldots \Phi_k \theta(u, v, \ldots, w, z)\,dw,$$

où $\theta(u, v, \ldots, w, z)$ représente la série

$$\theta(u, v, \ldots, w, z) = \Sigma \varphi_n^{(1)}(u, z)\,\varphi_n^{(2)}(v, z) \ldots \varphi_n^{(k)}(w, z).$$

» Nous désignerons par (Φ, θ) l'opération qui transforme la série $\Sigma \omega_n(z)$ en l'intégrale multiple de la formule (1). Après m opérations semblables, on arrivera à l'intégrale multiple définie, résumée par le symbole $(\Phi_m \theta_m)$. La fonction θ_m, que nous désignerons simplement par θ, donne lieu au théorème suivant :

» *Si les séries* $\theta_{i, i', \ldots}(u, v, \ldots, w, y, z)$ *admettent une représentation, valable pour toutes les valeurs de* z, *dans les divers cas : 1° quand* u *varie sur* C_1 (*portion de* C), v *sur* D_1 (*portion de* D), ...; 2° *quand* u *varie sur* C_2 (*portion de* C), v *sur* D_2 (*portion de* D); *enfin quand* u *prend ses portions sur* C_i, v *sur* $D_{i'}$, ..., *où* i, i', ... *sont des nombres entiers finis, les ensembles* $(C_1 C_2 \ldots C_i)$, $(D_1 D_2 \ldots D_{i'} \ldots)$, ..., *recouvrant respectivement les contours* C, D, ..., *on aura de la fonction donnée* $F(z)$ *une représentation valable pour toutes valeurs de* z, *par la formule*

$$F(z) = \sum_{i=1, i'=1}^{i, i', \ldots} \int_{C_i} du \int_{D_{i'}} dv \ldots \int \Phi_1 \Phi_2 \ldots \Phi_k \theta_{i, i', \ldots}(u, v, \ldots, w, y, z)\,dy.$$

» Comme première application, supposons que l'on ait

$$\omega_n(z) = A_n(z - z_0)^n,$$

c'est-à-dire que la fonction soit donnée par une série de Taylor à l'intérieur de son cercle de convergence; désignons par r une quantité égale au rayon de convergence de la série ou tout au moins aussi rapprochée que l'on veut de ce rayon, de telle sorte que la série de terme général $A_n r^n$ soit convergente.

» Nous écrirons alors

$$\omega_n(z) = A_n r^n \left(\frac{z - z_0}{r}\right)^n.$$

» Posons dans ce cas

$$P_n = A_n r^n, \qquad Q_n = \left(\frac{z - z_0}{r}\right)^n, \qquad P_n = \int_C \psi(u)\,\varphi_n(u, z)\,du.$$

» On peut écrire, d'après ces identités,

$$\sum A_n(z - a)^n = \frac{1}{2\pi i}\int_C \psi(u)\,\theta(u, z)\,du, \qquad a_n = a_0 + n\omega,$$

$$\psi(u) = \sum \frac{A_n r^n \sin\frac{2\pi}{\omega}(u - a_0)}{\frac{2\pi}{\omega}(u - a_n)}, \qquad \theta(u, z) = \sum \frac{\left(\frac{z - z_0}{r}\right)^n}{u - a_n}.$$

où a_0 et ω désignent des constantes réelles positives et C un contour entourant l'axe des quantités réelles et positives.

» La fonction $\theta(u, z)$ s'écrit respectivement dans le demi-plan supérieur et dans le demi-plan inférieur

$$\theta(u, z) = -i\int_0^1 \frac{y^{-i(u-a_0)-1}\,dy}{1 - \left(\frac{z - z_0}{r}\right)y^{i\omega}}, \qquad \theta(u, z) = i\int_0^1 \frac{y^{i(u-a_0)-1}\,dy}{1 - \left(\frac{z - z_0}{r}\right)y^{-i\omega}},$$

» Le théorème de Schwartz fait voir que ces deux expressions sont prolongeables analytiquement au delà de leurs coupures. On en déduit cette proposition :

» *Une fonction analytique* $F(z)$ *est représentée, pour toutes valeurs de* z, *par l'intégrale*

$$F(z) = \int_0^1 \frac{(z - z_0)\,L(y) + J(y)}{\left(\frac{z - z_0}{r}\right)^2 - 2\left(\frac{z - z_0}{r}\right)\cos\omega L y + 1}\,dy.$$

» La méthode employée s'étend aux fonctions de plusieurs variables.

» *Soit une fonction* $F(z, z', \ldots)$ *des variables indépendantes* $z, z', \ldots$ *donnée par la série*

$$\Sigma A(n, p, \ldots)(z - z_0)^n : (z' - z'_0)^p \ldots,$$

valable à l'intérieur de cercles de rayons R, R′, ... *sur les plans des variables respectives* z, z'.

» *La fonction* $F(z, z', \ldots)$ *est donnée pour toutes valeurs des variables par l'intégrale multiple*

$$F(z, z', \ldots) = \int_0^1 \cdots \int_0^1 \frac{B_k(z, z', \ldots, y_1, y_2, y_k)\, dy_1, dy_2, \ldots, dy_k}{\prod\left[\left(\frac{z - z_0}{r}\right)^2 - 2\left(\frac{z - z_0}{r}\right)\cos\omega L y_1 + 1\right]},$$

où B_k *est un polynome suivant les* k *variables* z, z', ... *de degré* k, *le produit* $\prod$ *étant relatif à ces diverses variables.*

» Ces résultats s'étendent aux fonctions analytiques non uniformes d'une variable.

» Soit $F(z)$ une de ces fonctions; sur le $k^{\text{ième}}$ des feuillets qui lui correspondent, on a

$$F_k(z) = \int_0^1 f_k(z, y)\, dy,$$

où $f_k(z, y)$ est une fonction uniforme de z. De plus, en remontant à l'origine de $f_k(z, y)$ on peut voir que c'est *la* $k^{\text{ième}}$ *forme suivant la variable réelle* y, d'une fonction non uniforme de y, que nous désignerons simplement par $f(z, y)$. Ainsi

$$F(z) = \int_0^1 f(z, y)\, dy,$$

où $f(z, y)$ sépare successivement les opérations dont l'ensemble donne la *représentation analytique uniforme de* $F(z)$. J'ai appelé pour cette raison, *une telle fonction de variable réelle, clef d'uniformisation.*

» Ces résultats sont développés dans un Mémoire qui doit paraître prochainement. »

PHYSIQUE. — *Nouveaux modes d'entretien des diapasons.*
Note de MM. **A.** et **V. Guillet**, présentée par M. Lippmann.

« L'entretien du mouvement des corps oscillants peut être réalisé de plusieurs manières. Au cours de son étude optique des mouvements vibratoires, Lissajous a établi le premier diapason entretenu électriquement [1].

---

[1] *Comptes rendus*, 1857.

Plus tard, dans la construction d'un phonoptomètre ([1]), il a supprimé l'interrupteur auxiliaire dont il avait d'abord fait usage : un fil métallique fixé à l'une des branches d'un diapason, vibrant dans un plan vertical, ouvre et ferme périodiquement le circuit d'un électro-aimant par l'intermédiaire du mercure que contient un godet placé au-dessous de lui.

» Enfin M. Mercadier a rendu possible l'entretien de la vibration d'un diapason dans un plan quelconque, en substituant au mercure un contact sec constitué par un plan conducteur contre lequel vient périodiquement buter le fil contact.

» Sur le conseil de M. Lippmann, nous avons cherché d'autres mécanismes d'entretien.

» Le procédé d'entretien appliqué par A. Guillet ([2]) au pendule de M. Lippmann ([3]) s'adapte parfaitement au diapason. Un fil de soie f relie l'une des branches A du diapason à un élément de ressort platiné r réglé de façon à toucher le fil de platine p, qui termine la vis v lorsque le pendule est au repos et le fil rectiligne.

» L'électro d'entretien e est en série avec le fil fin f' d'une petite bobine dont le gros fil f'' reçoit le courant d'une pile. Enfin on communique au diapason une aimantation préalable très légère, mais bien distribuée, au moyen d'une bobine creuse auxiliaire portant quelques spires. Il faut, dans une explication complète d'un dispositif quelconque, tenir compte du rôle de l'aimantation permanente inévitable des branches d'acier.

» Si les connexions sont bien établies, les charges induites à l'ouverture et à la fermeture du circuit primaire impriment aux deux branches des impulsions favorables au moment où elles passent par leurs positions d'équilibre. Ces conditions sont celles de l'entretien théorique. La dissymétrie d'action des deux extracourants, qui peuvent seuls jouer un rôle actif dans le dispositif classique de M. Mercadier, se trouve ainsi supprimée ([4]). Il en est de même des inconvénients qui résultent d'un contact mal défini.

» Ayant remarqué que le contact de l'électrodiapason paraissait fonctionner dans certain cas à la façon d'un contact microphonique, nous

---

([1]) *Société de Physique,* 1874.
([2]) *Comptes rendus,* 1898.
([3]) *Id.,* 1896.
([4]) Voir G. Lippmann, *Séances de la Société de Physique;* 1885.

avons été conduits à essayer la solution suivante, qui a donné d'excellents résultats :

» Les vibrations du diapason sont transmises au microphone directement ou par le milieu interposé.

» La pression des charbons sur leurs supports doit être très faible à la mise en marche; on l'augmente ensuite progressivement au moyen d'une régulation magnétique : les crachements disparaissent et le microphone rend bientôt un son musical à l'unisson de celui du diapason; l'amplitude du mouvement des branches du diapason atteint alors sa valeur maximum : avec 4 volts on obtient facilement une amplitude d'environ 1^{cm}. Au lieu d'utiliser directement le courant microphonique, on peut le faire servir de courant inducteur et recevoir l'induit dans la bobine d'entretien.

» Si l'on a besoin d'entretenir un diapason quelconque monté sur sa caisse de résonance, le microphone doit être placé à une petite distance en avant de l'ouverture de la caisse. »

PHYSIQUE. — *Étude expérimentale du mouvement des liquides propageant de la chaleur par convection. Régime permanent : tourbillons cellulaires* (1). Note de M. **Henri Bénard**, présentée par M. Mascart.

« Aucune étude expérimentale systématique du mouvement des liquides transportant de la chaleur de bas en haut, en régime permanent, n'a été faite jusqu'à présent. L'objet de cette Note est de faire connaître les principaux résultats de recherches entreprises à ce sujet par les méthodes les plus précises de l'Optique. Le détail des mesures de dimensions, de vitesses, de températures et de flux de chaleur fera l'objet d'une publication plus étendue.

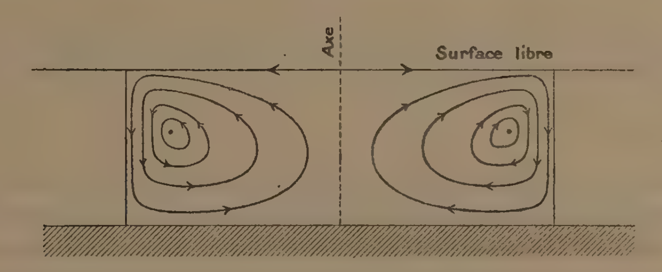
» Les conditions choisies sont uniformes dans le plan horizontal indéfini : le fond est formé par la paroi plane d'un *mur* métallique épais, à travers lequel passe un flux de chaleur vertical uniforme; la surface supérieure du liquide est libre et rayonne dans l'atmosphère ambiante. Les couches liquides employées sont de l'ordre du millimètre.

» Les mouvements observés dans ces conditions ne sont pas toujours stables : quand la viscosité du liquide est très faible et le flux de chaleur considérable, l'instabilité des mouvements tourbillonnaires qui prennent

(1) Travail fait au laboratoire de Physique du Collège de France.

naissance rend les observations difficiles; une description qualitative très incomplète, d'après des documents donnés par la photographie instantanée, a seule été possible. Je n'indique ici que les phénomènes observés quand un régime permanent stable est réalisable.

» Dans ce cas, la distribution des mouvements s'effectue suivant le *type cellulaire parfaitement régulier :* la masse entière se subdivise en *cellules* prismatiques polygonales régulières, dont le type le plus parfait est l'assemblage de prismes droits à bases d'hexagones réguliers. Les axes de ces cellules et les parois planes verticales qui les limitent sont des lieux de *tourbillon* nul (ou sans rotation instantanée). La masse liquide contenue dans chaque cellule est un individu hydrodynamique comme les anneaux tourbillonnaires maintes fois étudiés. Les filets liquides sont des courbes fermées contenues dans les différents plans verticaux passant par l'axe (rigoureusement planes au moins dans les six plans de symétrie). La distribution de ces filets et le sens de la circulation sont indiqués par la figure : ascension du liquide chaud par les parties axiales, refroidissement



dans les parties des trajectoires voisines de la surface libre, et descente par les régions périphériques. La courbe, lieu des points de vitesse nulle, autour de laquelle tournent tous les filets, est un polygone à contours arrondis, qui épouse la forme latérale de la cellule, en approchant très près de la paroi sans rotation. Sur chaque filet, le mouvement, rigoureusement permanent, a une période propre qui varie suivant la longueur de la trajectoire, mais dans une faible proportion, sauf naturellement pour les filets tout à fait extérieurs, à forme limite rectangulaire, sur lesquels le frottement contre la paroi solide du fond ralentit les mouvements dans la portion inférieure du trajet. La mesure des périodes, l'étude de leur distribution et de leurs variations avec les conditions thermiques ont été faites avec rigueur [1].

[1] La permanence est telle que j'ai suivi, pendant une heure, en projection hori-

» La première loi expérimentale, immédiate, est qu'il existe pour les cellules une dimension unique stable parfaitement définie dans des conditions données d'épaisseur, de température et de flux thermique pour un liquide donné, ou bien encore qu'il y a une distance stable unique entre deux centres d'ascension voisins : cette condition détermine le réseau hexagonal régulier et les alignements surprenants créés par accommodation progressive des cellules voisines ([1]).

» La loi approchée de l'influence de l'épaisseur sur les dimensions transversales est la proportionnalité. Cette loi n'est exacte qu'au $\frac{1}{10}$ à peu près. Les mesures rigoureuses montrent une influence plus complexe dont j'indiquerai la discussion ailleurs ([2]).

» Une autre loi importante a résulté des mesures thermiques très précises que j'ai installées : la dimension stable, très notablement variable avec la température moyenne du liquide, ne dépend pas sensiblement, au moins dans les limites de variation que j'ai pu réaliser, du flux de chaleur que transporte le liquide; les vitesses seules s'accélèrent quand le flux augmente.

» Dans une prochaine Note, j'indiquerai les méthodes d'observation employées, surtout optiques, qui m'ont permis d'étudier et de mesurer

---

zontale, le mouvement de deux grains de lycopode incorporés par hasard dans le même méridien de la même cellule. La période moyenne était $1^s,1$ et la longueur de la trajectoire $0^{cm},3$ environ. Ils sont restés projetés sur la même droite pendant 4000 périodes. Comme ils n'étaient pas sur le même filet, l'inégalité légère des périodes amenait des coïncidences régulières comparables à celles de deux pendules.

([1]) A défaut des photographies, qui seront reproduites plus tard, je tiens à préciser par des chiffres la régularité de ces alignements : certains de mes clichés de mesure contiennent uniquement des hexagones réguliers; il y en a, par exemple, 360 dans le champ de 9^{cq} environ. Leurs surfaces sont certainement égales à $\frac{1}{100}$ près. D'une extrémité à l'autre du champ, les trois directions des côtés sont restées parallèles à 2° ou 3° près. C'est l'image même des mailles d'un réseau cristallin hexagonal. On voit la précision des mesures de dimensions sur de tels clichés.

([2]) M. A. Guébhard (*Séances de la Soc. de Phys.*, juin et juillet 1897) a signalé des mouvements de la nature de ceux-ci dans les bains développateurs abandonnés dans une cuvette. Il a vu la nature tourbillonnaire du phénomène et indiqué plus tard son origine thermique. Il a même trouvé la loi approchée de proportionnalité à l'épaisseur. Je suis heureux d'avoir à rappeler cette priorité. C'est d'ailleurs tout l'historique des tourbillons cellulaires à liquide unique, avec une observation isolée de E.-H. Weber (*Pogg. Ann.*, 1855) qui, lui, n'a pas du tout vu la nature et la généralité du phénomène.

tous les éléments de ce curieux mouvement permanent, premier exemple d'un phénomène physique où des conditions uniformes dans le plan créent la structure cellulaire parfaite. »

PHYSIQUE. — *Sur la durée d'émission des rayons Röntgen* (1). Note de M. **Bernard Brunhes**, présentée par M. Mascart.

« Au cours de mes expériences sur la vitesse des rayons Röntgen (2), j'ai reconnu que l'émission des rayons X provoquée par une rupture du courant primaire dans la bobine d'induction n'est pas instantanée comme une étincelle de décharge.

» I. On peut le démontrer par une expérience très simple, analogue aux expériences classiques de Wheatstone et d'Arago.

» Un disque circulaire de tôle de 55^{cm} de diamètre et de 1^{mm} d'épaisseur est percé, suivant ses rayons, de séries de trous circulaires juxtaposés, ayant chacun 5^{mm} de diamètre. Si l'on dispose en arrière un tube de Crookes, et en avant un grand écran fluorescent, on voit les trous apparaître en clair dans l'ombre projetée par le disque sur l'écran. Vient-on à communiquer au disque une rotation rapide, le tube et l'écran restant fixes, les images des trous se déplacent : elles sautillent d'un point à l'autre de l'écran; mais elles restent assez nettes pour qu'on puisse constater avec certitude que leur forme s'allonge dans le sens perpendiculaire au rayon du disque. Et les images reprennent la forme circulaire quand le moteur qui entraîne le disque vient à s'arrêter.

» Si l'on remplace l'écran au platinocyanure par une feuille de carton blanc et le tube de Crookes par un micromètre à étincelles, on voit au contraire les projections des trous sur l'écran garder exactement la forme circulaire durant la rotation du disque. C'est l'expérience de Wheatstone, à peine modifiée.

» L'expérience précédente fournit une évaluation approchée du temps que dure l'émission des rayons X.

» Les trous d'une série sont répartis, presque tangents les uns aux autres, sur une droite de 9^{cm} de longueur, commençant à 16^{cm} du centre et finissant à 25^{cm}. Cette droite est dirigée suivant un rayon du disque. On a une soixantaine de séries de trous disposées suivant autant de rayons du disque.

---

(1) Laboratoire de Physique de l'Université de Dijon.

(2) *Comptes rendus*, 15 janvier 1900 (ce volume, p. 127).

» Le disque est monté sur un moteur triphasé qui tourne à vide à 1200 tours par minute.

» Avec un tube Chabaud-Villard placé à 40^{cm} derrière le disque tournant, et un écran au platinocyanure placé à 3^{cm} ou 4^{cm} en avant, les trous apparaissaient, durant la rotation, transformés en des ellipses dont le grand axe était un peu inférieur au double du petit axe. Les trous les plus voisins de la circonférence du disque paraissent les plus allongés.

» Si l'on admet un allongement dans le sens du mouvement égal à la moitié du diamètre normal du trou, soit $2^{mm},5$, cela fait un étalement angulaire égal à environ $\frac{2,5}{250} = \frac{1}{100}$. La vitesse angulaire du moteur étant $2\pi \times 20 = 125$, la durée d'émission est égale, en secondes, à $\frac{1}{100} \times \frac{1}{125} = \frac{1}{12500}$.

» Un tube allemand, gros modèle, m'a donné un allongement des trous un peu plus sensible, par suite une durée d'émission un peu plus longue. Cette durée est liée, selon moi, à la distance de la cathode à l'anticathode. Elle ne paraît pas varier, suivant qu'un même tube est plus ou moins poussé.

» II. Cette *durée d'émission,* de l'ordre du dix-millième de seconde, énorme par conséquent par rapport à la durée d'une étincelle, est ce qui rend si difficile la mesure de la *durée de propagation* d'un flux de rayons X.

» Elle explique, en particulier, une expérience curieuse qui m'avait assez longtemps arrêté.

» On a un excitateur primaire P, et, plus loin, à 60^{cm} environ, un excitateur secondaire S. Le premier est relié aux pôles d'une machine statique et aux armatures intérieures de deux bouteilles de Leyde; le second, aux armatures extérieures de ces bouteilles, qui communiquent, en outre, l'une avec l'autre, par une résistance liquide. Si les fils de communication qui vont d'un excitateur à l'autre (fils interrompus, bien entendu, par les bouteilles) sont à peu près rectilignes, on met facilement en évidence l'influence de la lumière ultra-violette émise par l'étincelle primaire sur l'excitateur secondaire. On peut régler la distance des boules de celui-ci de telle sorte qu'il n'éclate *jamais* d'étincelle secondaire quand un écran de carton lui cache l'étincelle primaire, et qu'il en éclate *toujours* quand l'écran est supprimé [1].

» Ce réglage fait, et l'écran de carton remis en place, si l'on met devant l'excitateur primaire un tube de Crookes actionné par une bobine d'induction, et qu'on

---

[1] L'expérience ne réussit plus si les fils de communication font de longs détours, ou s'ils sont enroulés en solénoïdes à spires trop rapprochées, parce qu'alors l'impulsion électrique n'arrive plus en S qu'après que S a cessé d'être éclairé. C'est sur un principe analogue que M. Swyngedauw a fondé une ingénieuse méthode d'étude de l'excitateur de Hertz (*Comptes rendus*, t. XXX, p. 708; 12 mars 1900).

tourne d'autre part la machine statique, on voit de nouveau des étincelles éclater en S en même temps qu'en P. Certaines étincelles statiques en P éclatent seules, sans être accompagnées d'étincelles dynamiques en S : ce sont celles qui ne sont pas provoquées par l'action des rayons X. Mais quand on entend l'étincelle éclater en P au moment où s'illumine le tube de Crookes, on est sûr qu'il éclate alors une étincelle en S.

» On supprime absolument toute étincelle en S, si l'on met à l'abri des rayons X, par un écran métallique épais, l'excitateur secondaire. *On obtient le même résultat si l'on met à l'abri des rayons X l'excitateur primaire sans mettre à l'abri l'excitateur secondaire.*

» Cette expérience, très simple, pourrait servir à démontrer aisément l'action des rayons X sur les potentiels explosifs dynamiques. Elle réussit d'ailleurs en remplaçant le tube de Crookes par un micromètre à étincelles où l'on fait éclater des décharges assez fortes pour *déterminer* des étincelles en P et agir en même temps à la distance de S.

» *Mais ce qui était inattendu, c'est que l'expérience faite avec le tube de Crookes réussit tout aussi bien quand on le transporte du côté opposé de l'appareil, de façon que les rayons X éclairent d'abord le micromètre secondaire et ne rencontrent le micromètre primaire que plus loin.* J'ai vérifié qu'au contraire l'expérience ne réussit pas, dans ces conditions, avec une étincelle, source de lumière ultra-violette.

» L'explication de cette différence est dans la différence de durée d'une étincelle et d'une émission de rayons X.

» C'est à la suite de cette expérience que j'ai renoncé à étudier la durée de propagation des rayons X en ayant recours à l'action des rayons X sur les potentiels explosifs dynamiques, bien que cette action ait l'avantage d'être incomparablement plus nette que sur les potentiels explosifs statiques.

» III. Si chaque émission de rayons Röntgen donne lieu ainsi à un train d'ondes de quelques dizaines de kilomètres de long, une importante question se pose : la tête et la queue du train marchent-elles de la même vitesse? La longueur du train ne s'allonge-t-elle pas en route?

» L'expérience m'a fourni déjà une première réponse :

» Si l'on reprend, en effet, l'expérience du disque de tôle percé de trous circulaires, on observe que *les images des trous sur l'écran conservent, durant la rotation, exactement la même forme, quelle que soit la distance du tube de Crookes au disque tournant.* Cette distance a varié exactement de 35^{cm} à 70^{cm}.

» La traversée d'une épaisseur d'air de 35^{cm} ne paraît donc pas avoir modifié la longueur du train d'ondes qui vient frapper le disque. C'est là

un résultat que n'aurait pas donné un flux de rayons cathodiques [1], et qui revêt une importance particulière dans les idées de M. Sagnac sur la nature de la lumière et des rayons X [2].

» Il a, au point de vue de mes propres expériences, un intérêt plus immédiat. Si un train d'ondes de Röntgen n'éprouve, en se propageant, que des déformations du même ordre que celles qu'éprouve un train d'ondes sonores [3], on peut espérer une mesure exacte du temps écoulé entre les arrivées du *front de l'onde* sur deux obstacles successifs. Et, dans ma pensée, c'est bien l'arrivée du *front de l'onde* sur un micromètre qui détermine l'étincelle, dans les cas, trop rarement réalisés, où les rayons X établissent entre deux étincelles statiques indépendantes ce synchronisme presque parfait que révèle l'apparition du phénomène de Kerr. »

PHYSIQUE. — *Sur la réflexion et la réfraction des rayons cathodiques et des rayons déviables du radium* [4]. Note de M. **P. Villard.**

« Les expériences de Hertz et celles de M. Lénard ont montré que les rayons cathodiques peuvent traverser des lames minces, métalliques ou non, cette transmission étant accompagnée d'une diffusion considérable. Le fait que la vitesse des rayons transmis est à peu près identique à celle des rayons incidents paraît difficilement conciliable avec l'hypothèse balistique, généralement admise, et l'on est conduit à admettre avec M. J.-J. Thomson qu'il s'agit en réalité d'une émission secondaire. Les résultats suivants conduisent à la même conclusion :

» *Pseudo-réflexion uniradiale.* — Quand un faisceau cathodique rencontre une lame métallique isolée, non seulement il y a diffusion des rayons en tous sens, mais, en même temps, la région frappée par les rayons incidents émet un faisceau assez bien défini dont la direction est normale à la lame. L'expérience est très nette en recevant, sur une lame à 45°, un faisceau primaire cylindrique très étroit produit par une cathode concave. On rend visible le faisceau secondaire en faisant le vide sur l'oxygène dans un tube en verre peu fluorescent.

---

[1] Q. Majorana, *Journal de Physique*, 3e série, t. VII, p. 225; 1898.
[2] Sagnac, *Journal de Physique*, 3e série, t. IX, p. 188; 1900.
[3] Violle et Vauthier, *Journal de Physique*, 2e série, t. X, p. 476; 1891.
[4] Travail fait au laboratoire de Chimie de l'École Normale supérieure.

» Ces nouveaux rayons sont déviables par un champ électrique ou magnétique comme les rayons ordinaires, échauffent les obstacles qu'ils rencontrent, excitent la fluorescence du verre et rendent luminescent le gaz traversé.

» Il est naturel d'admettre que la région anticathodique frappée par le faisceau incident, recevant à la fois la matière cathodique et des charges négatives instantanées, devient le siège d'une émission secondaire nécessairement normale à la surface d'émission ([1]).

» *Réfraction*. — Si la lame anticathodique est très mince (lame de magnésium ou d'aluminium de $0^{mm},02$ d'épaisseur), il y a un faisceau transmis : celui-ci est diffus, mais, avec des rayons incidents concentrés et aussi intenses que le permet la fragilité de la lame, on obtient un faisceau transmis assez défini pour pouvoir reconnaître que la direction de son axe est toujours normale à la lame mince. Il y a donc réfraction apparente (dans le sens étymologique du mot *réfraction*) et, de même que précédemment, le phénomène doit être considéré comme une émission nouvelle, donnant naissance à des rayons semblables aux rayons directs.

» *Réfraction des rayons du radium*. — Les rayons déviables du radium se comportent comme les rayons cathodiques des tubes de Crookes; l'expérience a été faite de la manière suivante :

» Une petite quantité de chlorure de baryum radifère, enfermée dans une ampoule en verre mince, a été placée dans un tube de plomb dont l'une des extrémités, librement ouverte, laissait sortir un cône de rayons de 20° environ. A 2^{mm} où 3^{mm} en avant de cette ouverture était fixée une petite lame d'aluminium de $0^{mm},3$ d'épaisseur inclinée à 45° sur l'axe du tube, et disposée de manière à intercepter la moitié du faisceau. Le tout était posé sur une plaque photographique enveloppée d'une double feuille de papier noir, qui recevait ainsi sous une incidence presque rasante le faisceau émergent. L'impression produite sur la plaque a montré que le demi-faisceau qui avait rencontré l'aluminium, au lieu de continuer sa route en ligne droite et de rester symétrique du demi-faisceau non intercepté, suivait une direction franchement normale à la lame. Cette réfraction est accompagnée d'une forte diffusion.

» A part l'épaisseur plus grande du métal traversé, le phénomène est le même que dans les tubes de Crookes.

» *Remarque sur le rayonnement du radium*. — En répétant l'expérience précédente dans des conditions diverses, j'ai presque toujours observé qu'au faisceau réfracté se superpose un faisceau à propagation rectiligne,

---

([1]) On observe en effet un espace obscur secondaire caractérisé par le changement brusque que subit la teinte du faisceau réfléchi à 2^{cm} ou 3^{cm} de la lame.

ce qui rendait parfois difficile l'interprétation des clichés. J'ai pensé que cet effet était dû à la présence de rayons non déviables moins absorbables que ceux qui ont été décrits par M. Curie ([1]). L'analyse magnétique du rayonnement étudié a montré que cette supposition est fondée.

» Les rayons émis par un petit tube de verre rempli de matière active passaient par une ouverture rectangulaire de 6^{mm} de largeur, pratiquée dans une barre de plomb, et traversaient un champ magnétique. Une plaque photographique 13×18, disposée sous une incidence presque rasante, enregistrait les trajectoires : dans ces conditions, on observe que les rayons admis dans le champ se divisent en deux groupes distincts, entièrement séparés après un trajet de quelques centimètres.

» L'un de ces groupes est dévié dans le sens prévu; l'autre, formé par les rayons non déviables, se propage rectilignement dans toute la longueur de la plaque. Ce faisceau non dévié est assez pénétrant pour impressionner, à 25^{cm} de distance, une plaque sensible protégée par plusieurs feuilles de papier noir et une lame d'aluminium; on peut même lui faire traverser une lame de plomb de $0^{mm},2$ d'épaisseur.

» Les résultats complexes que j'avais observés s'expliquent donc sans difficulté : le faisceau qui, dans mes expériences, traversait sans se réfracter la lame d'aluminium inclinée, correspond aux rayons non déviables : l'expérience a en effet montré qu'il est insensible au champ magnétique. Les rayons déviables, au contraire, se comportent comme les rayons cathodiques et émergent normalement à la lame traversée ([2]).

» Je me propose de reprendre ces expériences avec des rayons déviables purs.

» Les faits précédents conduisent à admettre que la partie non déviable de l'émission du radium contient des radiations très pénétrantes, capables de traverser des lames métalliques, radiations que la méthode photographique permet de déceler. »

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 73; 8 janvier 1900.

([2]) Le fait suivant montre combien grande est la différence entre les modes de propagation des deux rayonnements au travers des solides : dans l'expérience décrite plus haut, la trajectoire du faisceau dévié sur la plaque photographique présente des marbrures et des discontinuités qui correspondent aux ondulations du papier noir qui enveloppe la plaque; la trajectoire du faisceau non dévié est au contraire d'une parfaite régularité.

ÉLECTRICITÉ. — *Électrisation négative des rayons secondaires produits au moyen des rayons Röntgen.* Note de MM. **P. Curie** et **G. Sagnac**, présentée par M. H. Becquerel.

« Nous avons recherché si les rayons Röntgen et si les rayons secondaires moins pénétrants qu'ils excitent en frappant les divers corps transportent avec eux des charges électriques. Nous avons trouvé ces charges inappréciables dans le cas des rayons Röntgen. Au contraire, *les rayons secondaires* issus de la transformation des rayons Röntgen ([1]) *transportent avec eux des charges électriques négatives* à la manière des rayons cathodiques, comme le font les rayons du radium ([2]).

» I. Pour étudier les rayons Röntgen, nous employons une enceinte de Faraday en plomb *épais* de forme cubique, ayant 23^{cm} de côté, reliée à un électromètre à quadrants. Un large faisceau de rayons X y pénètre par une ouverture circulaire de 10^{cm} de diamètre, placée à 7^{cm} seulement de la lame focus du tube à rayons Röntgen. L'enceinte de plomb, y compris son ouverture, était complètement enveloppée par une couche continue d'un *diélectrique solide* (paraffine ou ébonite) recouverte elle-même d'aluminium mince en communication électrique avec la terre. *L'enveloppe continue de diélectrique solide est nécessaire pour maintenir l'isolement parfait du cylindre,* qui, sans cette précaution, ne demeurerait pas isolé dans l'air ambiant rendu conducteur de l'électricité par l'action des rayons Röntgen.

» Les résultats ont été négatifs. Nous pouvons seulement conclure que, si les rayons Röntgen transportent de l'électricité, les courants qu'ils pouvaient produire dans nos expériences étaient inférieurs à 10^{-12} ampère.

» II. Pour étudier les rayons secondaires des métaux, il fallait éviter que ces rayons, souvent très peu pénétrants, ne fussent absorbés au voisinage immédiat du métal qui les émet. Nous avons été amenés à placer les métaux dans l'air raréfié et à opérer à des pressions de plus en plus faibles, jusqu'au vide de Crookes ($0^{mm},001$ de mercure), afin de rendre à l'air ses propriétés isolantes, malgré l'action des rayons Röntgen et des rayons secondaires qui le traversent :

» Une feuille métallique mince M (*fig.* 1), reliée à l'électromètre et au quartz piézo-

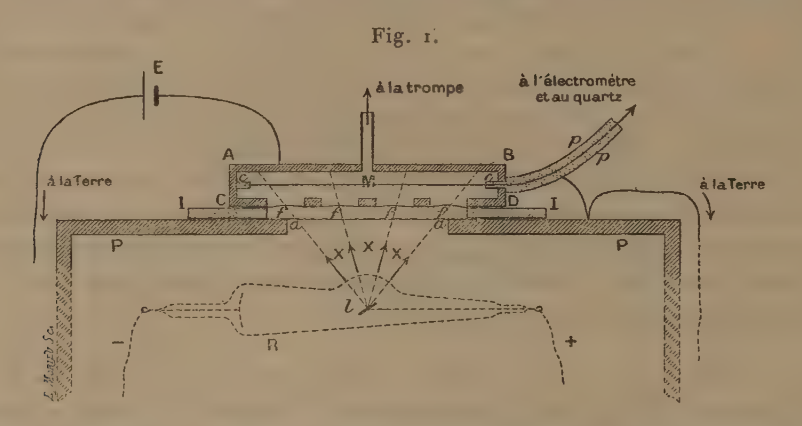
([1]) G. Sagnac, *Transformation des rayons X par les métaux* (*Comptes rendus* du 26 juillet et du 6 décembre 1897; *loc. cit.*, 1898, 1899 et 1900).

([2]) P. Curie et Mme P. Curie, *Sur la charge électrique des rayons déviables du radium* (*Comptes rendus* du 5 mars 1900, p. 647 de ce volume).

électrique, est maintenue isolée au milieu et à 3^{mm} seulement des parois d'une boîte métallique plate ABCD, qu'on peut mettre en relation avec la terre. La face inférieure CD de cette boîte est formée, comme la face supérieure AB, d'une plaque épaisse d'un autre métal N, mais percée de fenêtres *f* que recouvre une mince feuille du métal N. A 6^{cm} au-dessous de la face AB, se trouve la lame focus *l*, source des rayons Röntgen. Le système producteur de ces rayons (tube focus R, bobine Ruhmkorff et interrupteur électrolytique de Wehnelt) est enfermé dans une grande caisse de plomb épais dont la paroi PP est mise à la terre. Les rayons Röntgen sortent de la caisse PP par une ouverture circulaire de 10^{cm} de diamètre recouverte seulement d'une mince feuille d'aluminium *aa*. On peut faire le vide de Crookes dans la boîte étanche ABCD, reliée à la trompe à mercure.

» Quand on opère à la pression atmosphérique, la conductibilité de l'air sous l'influence des rayons est considérable. Lorsque le métal M de la feuille intérieure est différent du métal N des fenêtres *f* et des faces internes

Fig. 1.



de la boîte ABCD, le système (M|N) fonctionne comme une pile dont la force électromotrice fait dévier l'électromètre. On peut, par la méthode d'opposition du quartz piézoélectrique de M. P. Curie, mesurer le courant électrique nécessaire pour maintenir l'électromètre au potentiel zéro; ou bien on peut, sans agir sur le quartz, ramener l'électromètre à demeurer au zéro en intercalant en E, entre la boîte ABCD et la terre, une force électromotrice convenable e_0 prise en dérivation sur le circuit d'un daniell.

» Dans ces conditions, si l'on fait le vide dans l'appareil, l'équilibre de l'électromètre se maintient d'abord avec la même force électromotrice e_0 de compensation, tant que la pression ne s'est pas abaissée jusqu'à l'ordre de grandeur du millimètre (seulement, le courant qui prend naissance en l'absence de e_0 devient de plus en plus faible). Pour des pressions inférieures, la force électromotrice de compensation est modifiée. Elle dépasse bientôt celle d'un daniell, augmente constamment et semble croître au delà

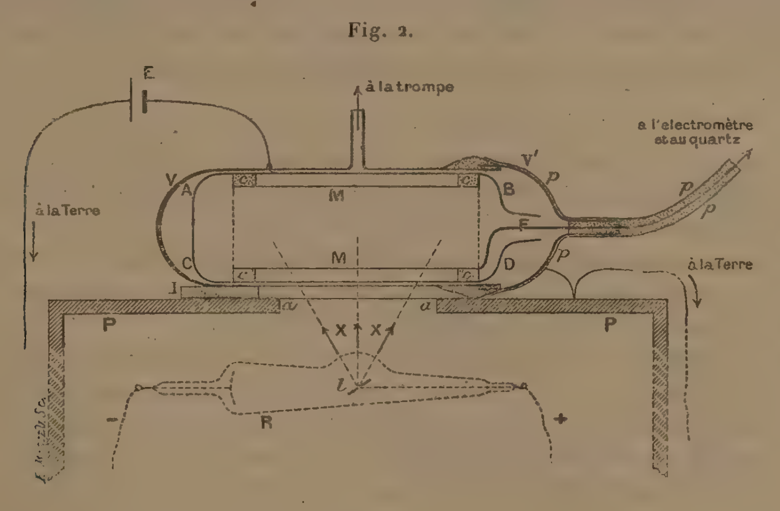
de toute limite à mesure qu'on se rapproche du vide de Crookes. Si l'on rétablit en E la force électromotrice primitive e_0 qui compensait le phénomène à la pression atmosphérique, on peut, à l'aide du quartz, mesurer le courant nécessaire pour maintenir l'électromètre au zéro. Ce courant, qui apparaît aux pressions de l'ordre du millimètre, augmente d'abord légèrement avec la raréfaction de l'atmosphère, puis devient sensiblement constant pour le vide de Crookes.

» Si, par exemple, le métal intérieur M est du *platine*, et si le métal N des parois internes de la boîte ABCD est de l'*aluminium*, il faut maintenir l'aluminium à un potentiel négatif (inférieur en valeur absolue à 1 daniell) pour obtenir la compensation à la pression atmosphérique.

» Dans le vide de Crookes, cette force électromotrice n'est plus suffisante, et il faudrait porter l'aluminium à un potentiel négatif supérieur en valeur absolue à 20 volts si l'on voulait obtenir la compensation. Si l'on maintient la force électromotrice e_0 qui compensait le phénomène à la pression atmosphérique, on constate que, dans le vide de Crookes, sous l'action des rayons Röntgen, le platine se charge positivement. Le courant de charge, mesuré à l'aide du quartz, est de l'ordre de grandeur de 10^{-10} ampère quand on utilise, à travers les fenêtres f recouvertes d'aluminium mince, une surface d'environ 30^{cmq} placée à 6^{cm} de la source l des rayons Röntgen.

» Nous avons obtenu des résultats peu différents en employant une autre disposition (*fig.* 2) qui permet d'obtenir plus aisément le vide de Crookes : la feuille M est

Fig. 2.



alors enroulée en cylindre, et la boîte plate est remplacée par un second cylindre métallique ABCD de même axe que MM. On fait alors le vide dans le récipient V de verre léger et mince, après y avoir introduit le système MMABCD, puis fermé le récipient avec le couvercle de verre V'.

» Ces faits pourraient, à la rigueur, s'expliquer par une variation con-

tinue de la force électromotrice de contact qui croîtrait dans d'énormes proportions avec le degré de vide. Cette manière de voir est peu vraisemblable. On explique, au contraire, nettement les phénomènes en admettant que les rayons secondaires émis par les métaux en expérience emportent avec eux de l'électricité négative et libèrent, dans le métal, la quantité complémentaire d'électricité positive. Le platine transformant les rayons Röntgen considérablement plus que l'aluminium, son émission d'électricité négative est de beaucoup plus considérable que l'émission opposée de l'aluminium, et le platine se charge positivement.

» On peut renverser le phénomène en mettant l'aluminium en M à l'intérieur et le platine mince autour de M en ABCD*f* (*fig.* 1) ou ABCD (*fig.* 2). On constate alors que l'aluminium intérieur M, soumis à l'émission secondaire du platine, recueille de l'électricité négative.

» Nous avons fait varier la nature des métaux et constaté en particulier que le plomb et le platine sont parmi les métaux qui émettent le plus de charges négatives sous l'action des rayons X. Viennent ensuite l'étain et le zinc. Quant à l'aluminium, l'expérience déjà faite avec l'enceinte de Faraday tapissée extérieurement d'aluminium semble montrer que les rayons secondaires assez pénétrants de ce corps sont, comme les rayons Röntgen générateurs, dont ils diffèrent peu, sensiblement dépourvus de charge électrique. Ces résultats concordent ainsi avec ce que l'on sait sur la transformation des rayons Röntgen par les différents corps [1]. »

---

[1] G. Sagnac, *Sur la transformation des rayons X par les différents corps* (*Comptes rendus*, *loc. cit.*, 1897, 1898, 1899) et l'*Éclairage électrique*, t. XIX, p. 201-208; 13 mai 1899.

M. E. Dorn a annoncé que les rayons secondaires des métaux lourds sont déviés par le champ magnétique, et dans le même sens que les rayons cathodiques (*Abhand. d. Naturf. Gesell. zu Halle.* Bd. XXII, p. 40-42 ; 1900).

L'un de nous avait antérieurement émis l'opinion *que les rayons secondaires très absorbables des métaux lourds peuvent renfermer des rayons analogues à ceux de Lenard et déviables comme eux par l'aimant* [G. Sagnac, *Recherches sur les transformations des rayons Röntgen*, Chap. I, 3e paragraphe : *Rayons secondaires, rayons X et rayons de Lenard* (l'*Éclairage électrique* du 12 mars 1898)].

THERMOCHIMIE. — *Chaleur de formation du bioxyde de strontium hydraté et anhydre.* Note de M. **de Forcrand.**

« La strontiane dissoute se comporte, en présence de l'eau oxygénée, à peu près comme la baryte. Toutefois les précipités d'oxydes hydratés qui se forment par le mélange des liqueurs sont si complètement insolubles qu'il devient impossible de mesurer les chaleurs de neutralisation en maintenant tous les corps dissous.

» I. *Formation des précipités d'oxydes hydratés.* — 1° Action de $\frac{1}{2}H^2O$ (4^{lit}) sur SrO (24^{lit}).

» L'état final obtenu presque immédiatement (2e minute) est le suivant :

$$0,548\ SrO^{1,912}\ \text{précipité} + 0,452\ SrO\ \text{dissous}$$

d'après l'analyse du liquide filtré.

» Ce liquide ne contient aucune trace d'oxygène actif, ce qui indique l'insolubilité absolue du bioxyde hydraté dans l'eau, du moins dans l'eau à moitié saturée de strontiane.

» Dégagement de chaleur observé $+14^{Cal},193$, nombre qui, corrigé de la chaleur de formation du protoxyde hydraté contenu dans $SrO^{1,912}$ et rapporté à une molécule de SrO^2 hydraté pur, devient $+26^{Cal},921$.

» On en conclut, pour l'action de H^2Cl^2 dissous sur ce précipité :

$$+28^{Cal},320\ (^1) - 26^{Cal},921 \quad \text{soit} \quad +1^{Cal},400.$$

» Dans une expérience, j'ai recueilli le précipité; desséché sur des plaques poreuses pendant plusieurs heures à l'abri de l'air, il avait pour composition $SrO^{1,93} + 9,23H^2O$.

» 2° Action de H^2O^2 (2^{lit}) sur SrO (24^{lit}).

» État final :

$$0,98\ SrO^{1,99}\ \text{précipité} + 0,02\ SrO^{1,5}\ \text{dissous}.$$

» Chaleur dégagée : $+26^{Cal},001$; soit, après correction, $+26^{Cal},576$ pour 1 molécule de SrO^2 hydraté précipité pur.

» L'action de l'acide chlorhydrique étendu (H^2Cl^2) devrait donc donner ensuite $+28^{Cal},320 - 26^{Cal},576$, soit $+1^{Cal},744$. J'ai trouvé le nombre très voisin $+1^{Cal},862$.

» Le précipité, recueilli dans une expérience spéciale et desséché comme le précé-

---

(1) Chaleur de neutralisation de SrO (24^{lit}) par H^2Cl^2 (4^{lit}) déterminée dans les mêmes conditions. Les dissolutions de SrO (24^{lit}) sont très sensibles à l'action de l'eau ; l'addition d'un volume égal d'eau dégage $+0^{Cal},653$.

dent, avait pour composition $SrO^{1,97} + 8,65 H^2O$. Lorsqu'on emploie de l'eau oxygénée beaucoup plus étendue ($H^2O^2 = 21^{lit}$) le résultat est un peu différent :

$$0,945\, SrO^{1,971} \text{ précipité} + 0,055\, SrO^{2,55};$$

il y a donc décomposition un peu plus complète du bioxyde précipité. La chaleur dégagée est très voisine : $+ 25^{Cal},639$, ce qui donne, après correction, $+ 27^{Cal},107$ pour SrO^2 hydraté.

» 3° Action de $2 H^2O^2$ (4^{lit}) sur SrO (24^{lit}).

» État final :

$$0,947\, SrO^{1,987} \text{ précipité} + 0,053\, SrO^{21} \text{ dissous.}$$

» Chaleur degagée $+ 25^{Cal},985$; soit, après correction, $+ 26^{Cal},860$.

» Ce qui donnerait ensuite, pour l'action du H^2Cl^2 (4^{lit}), $+ 1^{Cal},460$.

» Le précipité, recueilli et desséché comme les précédents, avait pour formule $SrO^{1,983} + 8,73 H^2O$.

» De ces diverses séries d'expériences, c'est celle qui donne $+ 26^{Cal},576$ (exactement H^2O^2 pour SrO) qui me paraît la plus digne de confiance, soit parce que c'est celle où la composition du précipité est la plus voisine de SrO^2, soit parce que la perte d'oxygène actif pendant la durée de l'expérience ($\frac{1}{400}$) y est négligeable, tandis que dans les autres elle atteint $\frac{1}{30}$ à $\frac{1}{40}$ de l'oxygène actif total.

» J'adopterai donc, pour la formation de SrO^2 hydraté précipité pur, $+ 26^{Cal},576$ à partir de H^2O^2 dissous et de SrO dissous, et par suite, pour sa chaleur de dissolution dans H^2Cl^2, $+ 1^{Cal},744$. Ce nombre $+ 26^{Cal},576$ est supérieur de 1^{Cal} environ à celui que donne la baryte dans les mêmes conditions $+ 25^{Cal},497$ (¹).

» Comme pour la baryte, on voit encore qu'il se précipite toujours un peu de SrO hydraté en même temps que SrO^2, que la dose du protoxyde mélangé est la plus grande lorsque SrO est en excès, et que c'est le mélange équimoléculaire qui fournit la composition la plus voisine de SrO^2.

» II. *Préparation et chaleur de formation de* SrO^2 *anhydre*. — Au lieu de dessécher les précipités obtenus précédemment à 130°, comme on l'indique généralement, ce qui peut leur faire perdre un peu d'oxygène, j'ai placé l'un d'eux (le dernier) sous une cloche dans le vide sec. Au bout de quatre jours, sa composition était devenue $SrO^{1,98} + 1,8\, H^2O$ et après dix jours $SrO^{1,912} + 0,19\, H^2O$.

» Ce corps perd donc des traces d'oxygène, même à froid, et retient une petite quantité d'eau, mais il est facile de tenir compte de la faible proportion d'oxyde hydraté qui existe encore.

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 835.

» Le produit ainsi obtenu a été dissous dans H^2Cl^2 (16^{lit}), ce qui a donné $+22^{Cal},225$ pour la dissolution dans l'acide de SrO^2 pur. On déduit de ce nombre :

	Cal
SrO sol. + O gaz = SrO^2 sol.	+ 10,875
Sr sol. + O^2 gaz = SrO^2 sol.	+142,075 (1)
SrO^2 sol. + $9H^2O$ liq. (2) = $SrO^2, 9H^2O$ sol...	+ 20,481
SrO^2 sol. + $9H^2O$ sol. = $SrO^2, 9H^2O$ sol......	+ 7,611
soit pour $1H^2O$ liq. + 2,275 et pour $1H^2O$ sol..	+ 0,845

» Dans les mêmes conditions, le bioxyde de baryum donne :

	Cal
BaO sol. + O gaz = BaO^2 sol.	+ 12,10
BaO^2 sol. + $10H^2O$ liq. = $BaO^2, 10H^2O$ sol...	+ 18,20
ou pour l'état solide de $10H^2O$	+ 3,90
soit pour $1H^2O$ liq. + 1,82 et pour $1H^2O$ sol...	+ 0,39

» Ces comparaisons montrent que la chaleur de suroxydation de SrO anhydre est inférieure de plus de 1^{Cal} à celle de BaO, ce qui explique pourquoi le bioxyde anhydre de strontium est moins stable et moins facile à obtenir exempt de protoxyde; sa tension de dissociation est plus grande.

» Ils montrent encore que c'est l'inverse à l'état hydraté précipité; le bioxyde de strontium a donc pour l'eau (environ $9H^2O$) une affinité plus grande que le bioxyde de baryum de plus de 2^{Cal}. Il en résulte que l'eau oxygénée agit sur la strontiane dissoute en dégageant presque autant de chaleur qu'un acide fort, en donnant un précipité $SrO^2, 9H^2O$ qui est son sel neutre hydraté. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouveau mode de fractionnement de quelques terres rares*. Note de M. **Eug. Demarçay**, présentée par M. H. Moissan.

« J'ai annoncé, il y a quelques années (*Comptes rendus*, t. CXXII, p. 728; 1896), que le samarium de poids atomique égal à 150 contenait un

(1) En adoptant le nombre (probablement trop faible) de Thomsen pour Sr + O... + 131,2.

(2) J'admets pour l'état d'hydratation de SrO^2 précipité $9H^2O$, mes analyses ayant fourni successivement 9,23, 8,65 et 8,73 H^2O; mais il est difficile de préciser davantage et d'affirmer que ce n'est pas 8 ou même $10H^2O$, pour les raisons indiquées par M. Berthelot à propos de l'hydrate de bioxyde de baryum (*Annales de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. XXI, p. 159).

autre élément (caractérisé par un certain nombre de raies violettes et ultra-violettes) que j'ai désigné provisoirement pour plus de simplicité par Σ. Depuis cette époque, j'ai été occupé surtout de son isolement. Cette séparation s'est montrée extraordinairement difficile par tous les procédés connus, même par celui de cristallisation des nitrates dans l'acide nitrique concentré, qui m'avait permis de différencier assez facilement ses raies principales de celles du gadolinium et du samarium.

» J'ai pourtant reconnu ainsi que Σ ne se trouvait qu'en proportion assez faible dans mon mélange et j'ai dû beaucoup augmenter la quantité de matière sur laquelle j'opérais. Mais, même dans ces conditions favorables, il a fallu, après deux ans de fractionnements incessants (plus de huit cents séries de cristallisations), reconnaître que la méthode que j'employais, faute d'une meilleure, ne pourrait me faire atteindre le but qu'après de bien longs mois encore. J'ai eu heureusement, l'automne dernier, la bonne fortune de trouver enfin un procédé de fractionnement qui m'a permis non seulement d'atteindre le but que je poursuivais, mais s'est même montré d'une rapidité inespérée pour d'autres séparations et d'une grande commodité. Il consiste à faire cristalliser dans l'acide nitrique les azotates doubles magnésiens des terres rares.

» Ces azotates magnésiens, qui n'avaient été signalés que dans le cas du lanthane et du cérium (Holzmann, *Journ. für pract. Chem.*, t. LXXV, p. 350), existent encore pour le reste de la série des terres rares, apparemment jusqu'au holmium, mais non pour l'yttrium. Ils répondent à la formule générale

$$M^2(AzO^3)^6, 3Mg(AzO^3)^2, 24H^2O.$$

» Le sel le moins soluble dans l'acide nitrique est celui de lanthane : la solubilité et l'instabilité des sels croissent à mesure que s'élève le poids moléculaire de la terre rare. Ainsi, tandis que, vers 16°, 100^{cc} d'acide nitrique ($d = 1,3$) dissolvent un peu moins de 2^{gr} du sel de néodyme, ils dissolvent 3^{gr} à peu près du sel de samarium et près de 5^{gr} du sel de gadolinium. Tandis que le sel de néodyme cristallise indéfiniment, sans se dédoubler, la solution du sel de samarium, en l'absence de germe du sel double, laisse parfois, bien que très rarement, déposer du nitrate de magnésium qui par le repos ne tarde pas à se transformer en sel double au sein de son eau-mère, et le sel de gadolinium se dédouble presque toujours pour se reconstituer, avec la plus grande facilité d'ailleurs, en présence d'un germe ou même spontanément, bien que plus difficilement. La pré-

sence de l'un de ces sels doubles diminue (comme on pouvait s'y attendre) la solubilité des sels correspondants moins solubles des autres terres. Dans le cas du néodyme et du samarium, on peut ainsi, en quelques jours et par des cristallisations sur quatre fractions seulement, obtenir, d'une part, du néodyme sensiblement pur, de l'autre du samarium exempt de néodyme. Cette séparation, jadis l'une des plus pénibles des terres rares, devient ainsi la plus facile de toutes. Celle du samarium d'avec Σ est plus longue. Elle demande huit à dix fractions successives en opérant dans de bonnes conditions. La séparation du samarium d'avec le gadolinium est encore plus aisée, le sel de gadolinium étant bien plus soluble que celui de Σ. On peut donc sans trop de peine se procurer de grandes quantités de samarium pur. Il n'est pas malheureusement aussi rapide d'enlever le Σ au gadolinium. Il m'a fallu au moins douze fractions successives pour éliminer toute trace du premier. La séparation du gadolinium d'avec les terres suivantes et de celles-ci entre elles devient aussi de plus en plus difficile. Néanmoins elle est encore assez supérieure aux anciennes méthodes pour que j'aie déjà pu faire des observations importantes sur la nature des terres comprises entre le holmium et le gadolinium.

» Dans ces fractionnements l'yttrium est éliminé parmi les portions les plus solubles avec l'ytterbium, le thulium, l'erbium et une forte portion du holmium. Une grande quantité d'yttrium rend la séparation médiocre. Il est donc indispensable de l'éliminer au préalable par le sulfate de soude autant que possible, ou bien par cristallisation dans l'acide nitrique ($d = 1,3$) des azotates simples. Il ne faut pas employer un acide trop concentré qui provoquerait la formation d'un hydrate $Y(AzO^3)^3, 3H^2O$ moins maniable que l'hydrate ordinaire.

» Le procédé de cristallisation dans l'acide nitrique présente en effet de grands avantages quand il s'agit de séparer les terres rares qui ne contiennent plus d'élément à poids atomique inférieur à celui du gadolinium. La solubilité des nitrates dans l'acide nitrique diminue rapidement à poids atomique croissant à partir du nitrate de lanthane, atteint un minimum pour le nitrate de gadolinium et croît ensuite lentement d'abord, pour atteindre de nouveau de grandes valeurs avec l'ytterbium. L'yttrium se range à ce point de vue sensiblement avec le néodyme et l'erbium, en sorte que, si cette méthode ne peut servir à séparer les éléments voisins du minimum (Gd — Tb), comme l'a très bien vu M. Bénédick (*Zeitsch. anorg. Chem.*, t. XXII, p. 393), elle est très commode pour éliminer d'un mélange l'yttria et les terres à gros poids moléculaire.

» Je n'ai fait qu'un essai rapide sur l'application des sels magnésiens à la séparation du lanthane, du praséodyme et du néodyme. Elle ne m'a pas semblé préférable à la cristallisation dans l'acide nitrique des sels ammoniacaux.

» Dans le Travail cité plus haut de M. Bénédick, ce savant n'a pas aperçu le Σ dans le fractionnement du samarium et du gadolinium. Indépendamment du fait que Σ, très peu abondant, est difficile à accumuler en un point d'un fractionnement, je pense que cela est dû à ce que M. Bénédick n'a pas suivi avec suffisamment de soin, au spectroscope, les variations des raies spectrales électriques des numéros successifs de son fractionnement. Il est à peine nécessaire de faire remarquer qu'il est *impossible* par toute autre méthode (que la spectroscopique) de caractériser des éléments qui, comme ceux-ci, ont des propriétés analogues variant uniformément dans un même sens avec le poids atomique et lorsqu'ils sont incolores. Si même l'éminent Marignac a pu séparer le gadolinium sans spectroscope, en le caractérisant par un poids atomique maximum dans une série de sels, cela tient à ce que sa terre contenait assez d'yttrium pour abaisser le poids atomique des éléments des dernières fractions et non à une caractérisation réelle du gadolinium qui n'a été due qu'à la description de son spectre par M. L. de Boisbaudran. Si, en effet, on répète les expériences de Marignac sur des terres exemptes d'yttrium, on ne retrouve plus que des poids atomiques régulièrement croissants, et l'on voit clairement que seul son spectre particulier a établi jusqu'ici que le gadolinium n'était pas un mélange des diverses autres terres connues incolores. Σ et le gadolinium ne sont pas d'ailleurs les seules terres à sels incolores ou peu colorés qui entrent dans la composition des terres à terbine. Il y en a plusieurs autres, et le spectroscope qui révèle leur existence est seul capable de faire suivre comme de diriger efficacement leur séparation. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Formation de l'iodure de monomercurammonium par action ménagée de l'ammoniaque concentrée sur l'iodure de mercurdiammonium.* Note de M. **Maurice François**, présentée par M. H. Moissan.

« L'ammoniaque concentrée ajoutée en grande quantité à l'iodure de mercurdiammonium fournit l'iodure de dimercurammonium; il en est autrement si l'on ménage l'action de l'ammoniaque en l'ajoutant par petites portions et à intervalles éloignés. On constate alors que l'iodure de mer-

curdiammonium, qui devenait brun dans le premier cas, reste blanc dans le second, bien que la quantité d'ammoniaque ajoutée finalement soit très considérable (par exemple 1000^{cc} pour 10^{gr} $HgI^2, 2AzH^3$). Cependant, il y a eu action, car on constate, en examinant le dépôt au microscope, que les gros cristaux de $HgI^2, 2AzH^3$ ont été remplacés par d'autres plus petits, également incolores, de propriétés différentes. Le nouveau corps formé est l'iodure de monomercurammonium HgH^2, AzI, corps qui n'avait pas encore été décrit. L'action ménagée de l'ammoniaque permet donc d'obtenir un corps intermédiaire entre l'iodure de mercurdiammonium et l'iodure de dimercurammonium. La production de ce corps, comme celle de l'iodure de dimercurammonium ([1]), est limitée et réversible; elle se fait suivant l'équation

$$(HgI^2, 2AzH^3)^2 = HgH^2AzI + AzH^4I.$$

» Pendant cette transformation, le liquide contient en dissolution de l'iodure d'ammonium et est saturé d'iodure de mercurdiammonium.

» Après que, par des additions successives et espacées d'ammoniaque, tout l'iodure de mercurdiammonium a été transformé en iodure de monomercurammonium, transformation pendant laquelle la composition du liquide est restée constante, de nouvelles additions d'ammoniaque changent la composition de ce liquide qui s'affaiblit en iodure d'ammonium et iodure de mercurdiammonium; l'iodure de monomercurammonium formé se décompose alors en fournissant de l'iodure de dimercurammonium cristallisé.

» Je reviens à la formation de l'iodure de monomercurammonium.

» Dans une série de flacons à émeri de grandeur telle qu'ils se trouvent sensiblement remplis quand la totalité de l'ammoniaque aura été ajoutée, on place 10^{gr} d'iodure mercurique et quelques billes de verre. On transforme en $HgI^2, 2AzH^3$ par un courant de gaz ammoniac, puis on ajoute, dans les flacons placés dans une étuve réglée à 21°, de l'ammoniaque ($D = 0,923$) comme il suit : 6 additions de 5^{cc}; 6 additions de 10^{cc}; 6 additions de 25^{cc}, des additions de 50^{cc} jusqu'à avoir complété 200^{cc} pour le premier flacon, 300^{cc} pour le second, 400^{cc} pour le troisième, etc. L'intervalle laissé entre deux additions successives était de douze heures. Après la dernière addition, on laisse une dizaine de jours à l'étuve en agitant fréquemment. Le dépôt est resté blanc; le liquide filtré est analysé; on y dose le mercure et l'iode sur 200^{cc} par électrolyse.

» Pendant la transformation de $HgI^2, 2AzH^3$ en HgH^2AzI, le liquide contient en dissolution $HgI^2, 2AzH^3$; il dépose, en effet, par refroidissement des cristaux de ce

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 332.

corps. En admettant que tout le mercure contenu dans le liquide est à l'état d'iodure de mercurdiammonium dissous, on calcule l'iode combiné au mercure à l'état de $HgI^2, 2AzH^3$ et l'iode à l'état d'iodure d'ammonium libre.

» Le Tableau suivant montre que pendant la formation de HgH^2AzI la composition est constante :

Action fractionnée de l'ammoniaque (D = 0,923) *sur* $10^{gr},75$ $HgI^2, 2AzH^3$ sec.
T = 21°.

	Ammoniaque employée finalement.	Mercure total dans 1000^{cc}.	Iode total dans 1000^{cc}.	AzH^4I libre dans 1000^{cc}.
	cc	gr	gr	gr
1.	200	1,885	5,337	3,361
2.	300	1,870	5,292	3,331
3.	400	1,815	5,248	3,360
4.	500	1,875	5,305	3,326
5.	600	1,855	5,105	3,139
6.	800	1,420	4,356	2,914

» L'action inverse est possible, car si l'on fait agir l'ammoniaque (D = 0,923) chargée de plus de $3^{gr},50$ AzH^4I par 1000^{cc} sur l'iodure de monomercurammonium, celui-ci est transformé en totalité ou en partie en iodure de mercurdiammonium. Si HgH^2AzI est en excès, la composition du liquide après que l'état d'équilibre est atteint est celle des flacons 1 à 5 du Tableau ci-dessus.

» La préparation et les propriétés de l'iodure de monomercurammonium seront données dans un Mémoire ultérieur; cette préparation exige beaucoup de soins, ce corps étant altérable. Elle consiste essentiellement à produire comme ci-dessus, par addition successives d'ammoniaque concentrée sur $HgI^2, 2AzH^3$, un mélange d'iodure de mercurdiammonium et d'iodure de monomercurammonium, à le recueillir et à le sécher dans une atmosphère fortement ammoniacale; puis à l'épuiser par l'éther pur qui enlève tout l'iodure de mercurdiammonium.

» C'est un corps blanc sale, formé de cristaux microscopiques, différant de l'iodure de mercurdiammonium en ce qu'il ne rougit pas à l'air et n'est pas soluble dans l'éther. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un séléniure de manganèse cristallisé et sur un oxyséléniure.* Note de M. **Fonzes-Diacon**, présentée par M. H. Moissan.

« Le séléniure de manganèse fondu a été préparé par M. Fabre [1], en faisant réagir des vapeurs de sélénium sur du manganèse chauffé au rouge sombre; cet auteur a également obtenu, par voie humide, un séléniure de manganèse amorphe, gris rougeâtre.

» J'ai obtenu ce même corps, nettement cristallisé, par voie humide et par voie sèche.

» *Par voie humide.* — Une dissolution d'acétate de manganèse, saturée d'hydrogène sélénié entraînant de petites quantités d'acide chlorhydrique, abandonnée pendant quelques semaines à l'abri de l'air, laisse déposer de beaux cristaux cubiques non modifiés, gris noir, opaques, et réfléchissant une lumière bleutée; ces cristaux, desséchés dans l'hydrogène, répondent à la formule $MnSe$.

» Le séléniure amorphe, obtenu en précipitant une solution d'un sel de manganèse, est jaune orangé, mais il est mélangé à du séléniure cristallin noir, ce qui lui donne un aspect gris rougeâtre.

» *Par voie sèche.* — En faisant arriver un mélange d'azote et d'hydrogène sélénié sur du chlorure de manganèse desséché, chauffé au rouge sombre, j'ai obtenu une masse noire, à surface boursouflée et brillante, tapissée intérieurement de fines aiguilles prismatiques grises (gris jaune par transparence) mais dont les faibles dimensions ne permettent pas de déterminer la forme cristalline. Ces cristaux répondent également à la formule $MnSe$.

» Un mélange d'une molécule de séléniate de manganèse pour quatre de charbon de sucre, chauffé au four électrique à la température d'un arc de 80 volts et 140 ampères, pendant dix minutes, se transforme intégralement en un culot métallique à cassure très cristalline, grise, de $SeMn$.

» Ce séléniure de manganèse résiste bien à l'action prolongée de cette haute température.

» Du séléniure de manganèse, obtenu par précipitation et desséché dans l'hydrogène, chauffé au four électrique dans un creuset en traversant le couvercle, donne également un culot à aspect métallique à surface cristallisée et se clivant avec la plus grande facilité dans trois directions rectangulaires en donnant des lamelles carrées, grises par transparence, et n'agissant nullement sur la lumière polarisée. Ce séléniure répond à la formule $MnSe$ et est isomorphe avec le sulfure de manganèse obtenu dans les mêmes conditions par M. Mourlot.

» *Propriétés.* — Le séléniure de manganèse cristallisé, préparé au four électrique, a une densité de 5,59 à +15°.

---

[1] Fabre, *Thèse de Doctorat*, 1886.

» Il est facilement attaqué par les acides dilués; l'acide chlorhydrique gazeux en déplace SeH^2.

» Réduit en poudre et traité par de l'eau oxygénée légèrement chlorhydrique, il se transforme en séléniate.

» Il brûle dans le chlore en donnant $MnCl^2$ et Cl^2Se.

» Au rouge sombre, l'oxygène le grille complètement, il reste dans la nacelle de l'oxyde salin de manganèse.

» A l'ébullition, l'eau l'altère légèrement.

» *Oxyséléniure de manganèse.* — Le séléniate de manganèse porté au rouge blanc dans un tube de porcelaine est réduit par un courant d'hydrogène. Dans cette réaction, il se dégage de l'anhydride sélénieux qui se sublime dans les parties froides du tube; il reste dans les nacelles une masse friable verdâtre mélangée à du séléniure noir.

» Cette poudre verte, traitée par l'acide chlorhydrique, laisse dégager de l'hydrogène sélénié; elle brûle dans l'oxygène en donnant de l'anhydride sélénieux et de l'oxyde salin de manganèse. C'est un oxyséléniure de manganèse analogue à l'oxysulfure de manganèse vert qui se forme dans les mêmes conditions.

» En résumé :

» 1° J'ai obtenu un séléniure de manganèse cubique $MnSe$ par l'action de SeH^2 sur une solution faiblement chlorhydrique d'acétate de manganèse, par la réduction au four électrique du séléniate de manganèse par le charbon et par la fusion à haute température du séléniure de manganèse précipité;

» 2° J'ai obtenu un séléniure de manganèse prismatique, $MnSe$, par l'action de l'hydrogène sélénié sur le chlorure de manganèse porté au rouge;

» 3° En réduisant du séléniate de manganèse par l'hydrogène à haute température, j'ai pu préparer un oxyséléniure vert de manganèse. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'action réductrice du carbure de calcium* [1]. Note de M. **Geelmuyden**, présentée par M. H. Moissan.

« Dans ses premières recherches sur le carbure de calcium, M. Moissan a appelé l'attention sur les propriétés réductrices de ce composé et sur les réactions qu'il fournit en présence des oxydes.

---

[1] Laboratoire des hautes études de M. Moissan.

» Nous avons examiné l'action au four électrique du carbure de calcium sur quelques autres composés, et nous donnerons dans cette Note les résultats que nous avons obtenus concernant l'action du carbure de calcium sur l'anhydride borique et sur quelques sulfures métalliques naturels et artificiels.

» Le carbure de calcium employé était du carbure industriel qui, à l'analyse, nous a donné les chiffres suivants :

Ca	55,83
Al	0,85
Fe	0,59
Si	0,21
C calculé	34,42
Insoluble dans HCl	6,99

» *Action du carbure de calcium sur l'anhydride borique.* — Nous avons pensé que, dans la réduction de l'anhydride borique par le carbure de calcium, il était possible de reproduire l'un des deux corps déjà connus : le borure de carbone ou le borure de calcium.

» Dans ce but, nous avons pulvérisé et mélangé l'anhydride borique fondu avec du carbure de calcium dans la proportion suivante : 52^{gr} d'anhydride et 100^{gr} de carbure. Ce mélange a été chauffé pendant cinq minutes dans le four électrique à creuset avec un courant de 900 ampères sous 45 volts.

» Après refroidissement la partie supérieure du produit était constituée par une couche fondue, nettement cristallisée et facilement séparable de la partie inférieure.

» Les cristaux étaient attaquables par l'acide azotique. Ils n'étaient donc pas constitués par du borure de carbone.

» Après avoir lavé les cristaux plusieurs fois par l'acide chlorhydrique bouillant pour enlever complètement l'acide borique en excès, nous avons fait une analyse qualitative, qui nous a montré que les cristaux ne renfermaient que du calcium et du bore. Les propriétés physiques du produit étaient les mêmes que celles du borure de calcium, préparé précédemment par [1] MM. Moissan et Williams.

» Nous avons en outre trouvé par l'analyse des proportions de bore et de calcium, correspondant bien à ce composé.

» Le dosage fut effectué de la manière suivante :

» Environ 0^{gr},1 des cristaux fut dissous dans une partie d'acide nitrique concentré du laboratoire et deux parties d'eau, dans un tube à essai qui était fermé par un bou-

(1) *Comptes rendus*, t. CXXV, p. 629; 1897.

chon de verre, faisant corps avec un tube en verre courbé. Ce dernier plongeait dans un petit barboteur contenant une solution de soude. Le tube à essai était placé dans l'eau, afin d'éviter toute élévation de température.

» Après avoir filtré au creuset de Gooch une petite quantité de graphite et d'un corps brunâtre, insoluble dans l'acide azotique, nous avons titré le bore à l'état d'acide borique par la méthode de M. Jones [1], modifiée par M. Alfred Stock [2].

» Le dosage du calcium fut effectué en dissolvant la matière dans l'acide nitrique et précipitant à l'état d'oxalate en solution acétique, afin d'éviter une précipitation de borate de calcium.

» Les chiffres trouvés par l'analyse sont les suivants :

	I.	II.	Théorie pour B^6Ca.
Ca.................	37,57	38,05	37,74
B...................	61,89	61,29	62,23
	99,47	99,34	100,00

» *Action du carbure de calcium sur quelques sulfures métalliques.* — L'action du carbure de calcium agissant comme réducteur sur quelques sulfures artificiels et naturels nous a semblé particulièrement intéressante.

» Parmi les sulfures naturels nous avons choisi ceux qui habituellement renferment de nombreuses impuretés et sont peu propres au traitement métallurgique direct : par exemple la pyrite de fer, la panabase, etc.

» *Pyrite de fer.* — Un mélange de 140gr de pyrite de fer et de 100gr de carbure de calcium fut chauffé pendant quinze minutes dans le four de M. Moissan avec un courant de 900 ampères sous 45 volts.

» Au fond du creuset se trouvait un culot métallique assez volumineux.

» La partie supérieure était formée d'une masse bien cristallisée, contenant de petits globules métalliques.

» L'analyse qualitative du culot et des globules a montré qu'ils ne renfermaient que du fer saturé de graphite cristallisé. Il y a donc eu réduction complète.

» Un dosage de ces cristaux a prouvé qu'ils étaient constitués par du sulfure de calcium impur. Les chiffres obtenus, après avoir soustrait les impuretés, sont les suivants :

	I.	II.	Théorie pour CaS.
Ca.........................	55,68	55,28	55,56
S...........................	45,44	43,44	44,44

» La réaction a donc été la suivante :

$$FeS^2 + 2CaC^2 = Fe + 2CaS + 4C.$$

---

(1) *Amer. Journ. of Science*, t. VII, p. 147; *Zeitschr. f. anorg. Chemie,* t. XX, p. 216.

(2) *Comptes rendus,* 1900.

» *Panabase.* — Un mélange de 360gr de carbure de calcium et 180gr de panabase fut chauffé pendant douze minutes avec un courant de 900 ampères sous 45 volts.

» Au fond du creuset se trouvait un culot métallique, renfermant seulement du cuivre et du fer, impuretés que nous avons décelées dans le minerai. Il n'y avait pas trace d'antimoine, qui s'était donc complètement volatilisé. Les autres impuretés reconnues dans le minerai : l'arsenic, le plomb et la silice, ne se retrouvaient pas dans le culot. Le soufre s'était combiné, comme dans le cas précédent, avec le calcium du carbure.

» Nous avons également examiné l'action du carbure de calcium sur la *galène* et la *stibine*, et nous avons trouvé que ces deux composés sont tous deux réduits en abandonnant leur soufre au calcium, mais que les métaux mis en liberté sont en même temps complètement volatilisés.

» Nous avons aussi recherché si le carbure de calcium pouvait réduire les sulfures irréductibles par le charbon, tels que le sulfure de magnésium et le sulfure d'aluminium.

» *Sulfure de magnésium.* — Le sulfure de magnésium, préparé par l'action d'hydrogène sulfuré sur le sulfate de magnésium anhydre, a été mélangé avec du carbure de calcium dans la proportion suivante : 56gr de sulfure et 64gr de carbure. Ce mélange fut chauffé pendant cinq minutes dans un tube de charbon avec un courant de 850 ampères sous 45 volts.

» Pendant la chauffe, nous avons observé des flammes éclairantes provenant d'une volatilisation du magnésium. Il reste dans le tube du sulfure de calcium, mais il n'y a plus de magnésium. Il y a donc eu réduction du sulfure de magnésium, mais le métal a été volatilisé.

» *Sulfure d'aluminium.* — Nous avons fait un mélange de 6gr de sulfure d'aluminium, préparé par l'action de l'hydrogène sulfuré sur de l'aluminium porté au rouge, et 5gr de carbure de calcium.

» Ce mélange fut chauffé dans une nacelle de charbon au four électrique à tube. Nous avons chauffé pendant cinq minutes avec un courant de 900 ampères sous 45 volts.

» Il reste dans la nacelle une masse fondue, entraînant de petits globules qui sont du sulfure d'aluminium non attaqué.

» Le sulfure d'aluminium est donc aussi irréductible par le carbure de calcium que par le charbon. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouveau mode de production de sulfates doubles de chrome* [1]. Note de M. C. PAGEL, présentée par M. H. Moissan.

« En chauffant SO^4H^2 avec du bichromate de potasse, jusqu'à production de vapeurs blanches, M. Wernicke [2] obtient un résidu rougeâtre qui paraît être un mélange de plusieurs sels. Repris par HCl à chaud, il constate la formation d'un composé qui se rapproche de la formule $\left.\begin{matrix} K^2O \\ Cr^2O^3 \end{matrix}\right\rangle 4SO^3$. Ce sel, chauffé dans un creuset de platine avec du bisulfate de potasse, donne un composé vert pâle en aiguilles, qui répond à la formule $(SO^4)^3Cr^2, 3SO^4H^2$.

» En opérant d'une façon identique avec les sels de soude correspondants, il arrive à obtenir $(SO^4)^3Cr^2, 3SO^4Na^2$.

» Ce produit cristallisé se présente sous forme de fines aiguilles.

» Plus tard, M. Klobb [3] en s'occupant de l'action du sulfate d'ammoniaque, par voie ignée, sur les sels de chrome, trouve qu'il se produit, tantôt $(SO^4)^3Cr^2, 3SO^4Az^2H^8$, tantôt $(SO^4)^3Cr^2, 3SO^4K^2$ si l'on opère en présence de sels potassiques.

» Dans le cours de nos recherches sur la destruction des composés organiques par le mélange chlorochromique [4], nous avons obtenu incidemment des sels analogues. Après disparition de la matière organique, il reste dans la cornue un résidu rouge à chaud et vert à froid. Cette masse très dense et dure, traitée par l'eau chaude, finit par se désagréger et se présente alors sous forme cristalline. Ces cristaux microscopiques constitués par des tables hexagonales sont mélangés à d'autres présentant la forme prismatique. Dans la pensée que cette différence de cristallisation pourrait résulter de l'emploi des deux sels à bases alcalines variables, nous avons opéré avec des mélanges de sels de potassium et de sodium.

» Dans une première série d'expériences, nous traitons par l'acide sul-

---

(1) Travail fait au laboratoire de Toxicologie de l'École supérieure de Pharmacie de Nancy.

(2) *Poggendorff's Annal.*, Bd CLIX, p. 579.

(3) *Comptes rendus*, 2e semestre 1893.

(4) *Bulletin d'Hygiène publique et de Médecine légale;* juillet 1898.

furique du bichromate de potasse et du chlorure de potassium et n'obtenons que des cristaux hexagonaux. Dans une deuxième, en partant du bichromate de soude et du chlorure de sodium pur, c'est un sel prismatique qui se forme. Mais, pour qu'il prenne naissance, il importe de faire intervenir une matière organique.

» Examinés au microscope polarisant, ces cristaux montrent une orientation le long des arêtes du prisme. Ils appartiennent, très probablement, au système hexagonal, car leur aspect rappelle absolument les cristaux de dioptase formés par la combinaison du rhomboèdre et du prisme hexagonal de deuxième espèce.

» Ces cristaux sont insolubles dans l'eau et les acides; il ne sont attaqués par la lessive de soude qu'en tube scellé. Chauffés sur une lame de platine, ils deviennent rouge violacé et, par refroidissement, reprennent leur couleur verte normale.

» Ils donnent à l'analyse :

Cr^2O^3	18,5
SO^3	58,62
SO^4Na^2	52,24

chiffres qui correspondent exactement à la formule $(SO^4)^3Cr^2, 3SO^4Na^2$, qui exige

Cr^2O^3	18,66
SO^3	58,67
SO^4Na^2	52,02

» C'est l'analogue de celui que M. Étard a préparé sous le nom de *kalisulfate* de chrome $(SO^4)^3Cr^2, 3SO^4K^2$ par fusion du chlorure violet [1], composé qui, d'après Recoura, peut être considéré comme du chromotrisulfate de potasse [2].

» En opérant comme le fait M. Klobb, mais en nous servant de bisulfate de soude, c'est-à-dire en fondant dans un creuset un mélange de 100gr bisulfate de soude, 50gr sulfate d'ammoniaque, et 20gr sulfate de chrome, nous obtenons un sel cristallisé en fines aiguilles verdâtres, moins vertes que le sel prismatique. Ces aiguilles sont nettes et visibles à l'œil nu; elles ont les mêmes propriétés optiques que nos cristaux verts nettement définis. Malgré leur différence de forme, leur composition chimique

---

(1) *Comptes rendus*, t. LXXXIV, p. 1089; 1877.
(2) *Ibid.*, 1er semestre 1893.

est cependant identique. Si avant de soumettre à la chaleur le mélange ci-dessus, nous l'imbibons de SO^4H^2 de façon à faire une pâte molle, et que nous chauffions jusqu'à production d'abondantes vapeurs blanches, la masse se boursoufle et entre en fusion tranquille. A ce moment, nous retirons le creuset du feu et obtenons par refroidissement le même sel que celui qui reste comme résidu par notre procédé de destruction.

» C'est sans doute le sel en aiguilles mentionné plus haut, qu'avait obtenu Wernicke, mais sans pouvoir indiquer le système cristallisé auquel il appartient.

» Ainsi donc, tout en partant d'un point de vue entièrement différent, nous arrivons au même résultat que cet auteur, en ce qui concerne la composition chimique des sels; mais, de plus, nous montrons que les sulfates doubles de chrome et de potassium, de chrome et de sodium rentrent dans le système hexagonal. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage électrolytique du plomb dans le sulfate et le chromate. Application à l'analyse des verres plombeux et des chromates de plomb* (¹). Note de M. C. **Marie**, présentée par M. H. Moissan.

« Les deux principales méthodes de séparation du plomb, fondées sur sa précipitation, soit par l'hydrogène sulfuré, soit par l'acide sulfurique en présence d'alcool, l'amènent à une forme, sulfure ou sulfate, qui ne se prête pas au dosage électrolytique, à cause de son insolubilité dans l'acide azotique étendu. L'acide azotique transformant facilement le sulfure en sulfate, je ne considérerai que ce dernier sel.

» Pour effectuer la dissolution du sulfate dans l'acide azotique, je me suis arrêté après quelques essais à l'emploi de l'azotate d'ammoniaque, réactif qui n'introduit aucune substance fixe et peut être facilement éliminé dans les opérations analytiques ultérieures. Cette dissolution se fait de la manière suivante.

» Le sulfate de plomb est placé dans le verre de Bohême où se fera l'électrolyse, puis attaqué par l'acide azotique auquel peu à peu on ajoute des cristaux d'azotate d'ammoniaque. Quand le sulfate est complètement disparu, on étend avec de l'eau chaude, puis on électrolyse dans les conditions ordinaires (²) en maintenant la tempé-

---

(¹) Faculté des Sciences. Enseignement pratique de la Chimie appliquée.

(²) Riban, *Traité d'Analyse chimique quantitative par électrolyse*, p. 153.

rature à 60°-70°. Les quantités de réactif nécessaires sont les suivantes : pour $0^{gr},3$ de sulfate il faut environ 5^{gr} d'azotate d'ammoniaque; quant à l'acide azotique, sa quantité est déterminée par cette condition qu'après dilution le liquide doit contenir environ 10 pour 100 d'acide libre. En trois heures, avec une électrode en platine dépoli d'une surface de 90^{cmq} et un courant de $0^{amp},3$ on dépose facilement $0^{gr},4$ de bioxyde de plomb.

» Cette méthode permet d'appliquer l'électrolyse à l'analyse des verres à base de plomb. Pour cela, il suffit d'attaquer le verre finement pulvérisé par l'acide fluorhydrique additionné de la quantité d'acide sulfurique nécessaire pour transformer les bases en sulfates. Un excès d'acide sulfurique un peu considérable nuit, en effet, à la dissolution du sulfate de plomb, dissolution qui se fait comme il est dit plus haut. Après l'électrolyse, on peut procéder immédiatement au dosage des métaux alcalins si le produit analysé est un véritable cristal, c'est-à-dire ne contient aucun métal du groupe du fer ou du groupe des alcalino-terreux.

» *Dosage du plomb dans les chromates.* — Le chromate de plomb se dissout dans l'acide azotique et l'azotate d'ammoniaque encore plus facilement que le sulfate. Pour $0^{gr},05$ de chromate, 2^{gr} d'azotate suffisent; quant à l'acide azotique, il suffit que la liqueur finale en contienne 10 pour 100. L'électrolyse s'effectue exactement comme dans le cas du sulfate; l'acide chromique est complètement ramené pendant l'opération à l'état de sel de sesquioxyde précipitable directement par l'ammoniaque.

» Par la simplicité des opérations analytiques et l'exactitude des résultats qu'elle fournit la méthode décrite dans cette Note facilitera l'analyse de produits industriels importants, les silicates et les chromates à base de plomb. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide ααβ-triméthyl-β-oxyadipique* [1]. Note de M. E.-E. Blaise, présentée par M. H. Moissan.

« La synthèse des acides adipiques alcoylés présente aujourd'hui un certain intérêt, en raison de la propriété que possèdent leurs éthers de se condenser, sous l'influence du sodium, pour fournir les éthers alcoylcyclopentanonecarboniques. Ceux-ci semblent constituer, d'autre part, le pre-

---

[1] Faculté des Sciences de Lille.

mier terme de la synthèse des dérivés du camphre, et ce travail a été entrepris dans le but d'obtenir des dérivés possédant les formules de constitution que leur attribue M. Bredt.

» L'éther méthylique de l'acide lactonique qui correspond à l'acide $\alpha\alpha\beta$-triméthyl-β-oxyadipique a été obtenu en condensant le lévulate de méthyle et le bromo-isobutyrate de méthyle, en présence du zinc.

$$CH^3-CO-CH^2-CH^2-CO^2CH^3+\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>CBr-CO^2CH^3+Zn$$
$$=CH^3-\underset{\displaystyle CH^2-CH^2-CO^2CH^3}{\overset{\displaystyle /O-ZnBr}{C}}-C(CH^3)^2-CO^2CH^3.$$

» Le dérivé bromozincique ainsi formé est ensuite décomposé par l'acide sulfurique étendu.

$$2CH^3-\underset{\displaystyle CH^2-CH^2-CO^2CH^3}{\overset{\displaystyle /O-ZnBr}{C}}-C(CH^3)^2-CO^2CH^3+2H^2O=ZnO+ZnBr^2+2CH^4O$$
$$+2CH^3-\underset{\displaystyle |\quad CH^2-CH^2-CO}{\overset{}{C}}-C(CH^3)^2-CO^2CH^3 \quad (\text{C}\setminus O \setminus \text{CO})$$

» Cette condensation fournit un rendement qui ne dépasse pas 15 à 17 pour 100; de plus, il est fort difficile de débarrasser complètement le produit obtenu du zinc qu'il renferme. En même temps se forment d'ailleurs d'autres composés, non distillables sans décomposition, même dans le vide.

» L'éther lactonique constitue un liquide huileux, plus dense que l'eau, bouillant à 162°-165° sous 19mm; $D_{9^\circ}^{9^\circ}=1,1334$. Il possède bien la formule lactonique et ne renferme pas d'oxhydryle libre, car il ne réagit pas sur le chlorure d'acétyle. La saponification par les alcalis le décompose complètement en acides lévulique et isobutyrique. Pour obtenir l'acide lactonique correspondant, la saponification doit être effectuée au moyen de l'acide chlorhydrique étendu. Même dans ces conditions, d'ailleurs, on ne peut pas éviter une autre décomposition, partielle, due à l'instabilité de l'acide;

celui-ci perd une molécule d'anhydride carbonique et se transforme en lactone.

» L'acide lactonique :

$$\begin{array}{l} CH^3 - C - C(CH^3)^2 - CO^2H \\ \quad\;\; | \;\; \diagdown \\ \quad\;\; | \qquad O \\ \quad\;\; | \qquad\;\; \diagdown \\ \quad\; CH^2 - CH^2 - CO \end{array}$$

cristallise en beaux prismes fusibles à 108°-109°. Il est peu soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther, mais plus soluble dans le chloroforme; l'alcool méthylique convient particulièrement bien pour le faire recristalliser. Cet acide présente une résistance remarquable à l'éthérification; lorsqu'on sature sa solution alcoolique d'acide chlorhydrique ou qu'on la fait bouillir, après addition d'acide sulfurique, on n'obtient que des traces d'un éther qui ne correspond d'ailleurs pas à l'acide lui-même, mais à un acide non saturé qui résulte de sa décomposition. On ne peut obtenir l'éther de l'acide lactonique qu'en transformant celui-ci en sel de sodium qu'on chauffe avec de l'iodure d'éthyle, en solution alcoolique; on opère en tube scellé et au bain-marie. L'éther éthylique qui se forme dans ces conditions constitue un liquide peu odorant, bouillant à 287°-289° sous la pression atmosphérique, sans altération sensible.

» L'acide lactonique fournit un sel de plomb très peu soluble dans l'eau froide d'où il cristallise en belles aiguilles.

» Cet acide est très peu stable; chauffé seul, il commence à se décomposer vers 175°. Cette décomposition consiste en un dégagement d'anhydride carbonique et l'on obtient simultanément un acide non saturé et une lactone isomère avec celui-ci

$$\begin{array}{l} CH^3 - C - C(CH^3)^2 - CO^2H \\ \quad\;\; | \;\; \diagdown \\ \quad\;\; | \qquad O \\ \quad\;\; | \qquad\;\; \diagdown \\ \quad\; CH^2 - CH^2 - CO \end{array} = CO^2 + \begin{array}{l} CH^3 - C - CH(CH^3)^2 \\ \qquad\quad \| \\ \qquad\; CH - CH^2 - CO^2H \end{array}$$

$$= CO^2 + \begin{array}{l} CH^3 - C - CH(CH^3)^2 \\ \quad\;\; | \;\; \diagdown \\ \quad\;\; | \qquad O \\ \quad\;\; | \qquad\;\; \diagdown \\ \quad\; CH^2 - CH^2 - CO \end{array}$$

» La lactone constitue un liquide insoluble dans l'eau, mais soluble dans les liqueurs alcalines, à l'ébullition. Elle possède une odeur légèrement camphrée et bout à 234°-236°.

» L'acide non saturé est également liquide; il bout à 235°-237°. Cet acide fournit aisément un éther éthylique qui bout à 203°-204° et possède une odeur agréable rappelant celle de l'acétate d'amyle. L'acide non saturé fixe énergiquement le brome; en solution sulfocarbonique, on obtient un dibromure cristallisant dans le benzène en petites lamelles brillantes qui fondent à 141°-142° avec décomposition. L'acide bromhydrique en solution aqueuse saturée fournit de même un bromhydrate cristallisé. L'acide bromhydrique, à l'ébullition, transforme l'acide non saturé en la lactone isomère.

» La réduction de l'acide lactonique par l'acide iodhydrique bouillant à 127° et le phosphore ne fournit pas de résultat; l'acide lactonique se décompose en effet dans ces conditions et perd une molécule d'anhydride carbonique.

» La faible acidité de l'acide triméthyladipolactonique montre combien la forme de la chaîne carbonée et le poids de la molécule influent sur l'énergie du carboxyle; la non-éthérification d'un composé par l'alcool en présence des acides minéraux ne saurait être considérée comme démontrant l'absence de carboxyle dans ce composé. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réaction du chlorure d'amyle sur le carbure de calcium.* Note de M. **P. Lefebvre**, présentée par M. Troost.

« Dans des recherches actuellement en cours j'ai été conduit à faire passer de la vapeur de chlorure d'amyle sur du carbure de calcium chauffé au rouge naissant. Mes recherches ont été de deux sortes. Dans les unes, j'ai surtout cherché à recueillir les produits liquides de la réaction; dans les autres, j'ai fait des mesures relatives à la nature des phénomènes qui se passent.

» Les produits liquides obtenus soumis à la distillation fractionnée se sont nettement séparés en produits non chlorés bouillant au-dessous de 45° et produits chlorés bouillant au-dessus de 75°.

» Pour les premiers, la densité de vapeur 2,53 et la densité du liquide 0,676 à 0° sont voisines de celles des amylènes. J'en ai tiré presque exclusivement deux fractions bouillant sensiblement à points fixes 31°-32° et

35°-37° et que j'ai analysées.

	Fractions		Calculé pour
	31°-32°.	35°-37°.	C^5H^{10}.
Carbone	85,5	85,9	85,7
Hydrogène	14,2	14,2	14,3

» On a donc là un mélange de deux amylènes dans les proportions de 1 ou 2 à peu près.

» La fraction 31°-32° a pour densité de vapeur 2,48; la densité du liquide à 0° est 0,673.

» La fraction 37°-39° a pour densité de vapeur 2,59; la densité du liquide à 0° est 0,679.

» Ces constantes semblent nettement indiquer le méthyl$_2$-butène$_1$ (α-méthyléthyléthylène) et le méthyl$_2$-butène$_2$ (triméthyléthylène).

» Les produits chlorés ont pour densité, à 0°, à l'état liquide 0,883; la densité de vapeur est 3,65; constantes voisines de celles des chlorures d'amyle. Je me suis assuré qu'ils ne renfermaient pas de benzine. Leur séparation est difficile.

» J'ai analysé les parties principales 84°-89° et 89°-94°.

» Les produits chlorés sont un mélange de chlorures d'amyle :

» La fraction 84°-89° de densité à 0° égale à 0,880 est du chlorure d'amyle tertiaire. La fraction 89°-94° de densité 0,884 doit être le chlorure d'amyle secondaire, qui correspond à l'isopropylène. Les fractions supérieures ne diffèrent pas du chlorure d'amyle employé.

» Pour préciser ce qui a dû se passer, j'ai eu recours à une expérience quantitative. J'ai opéré dans un tube à analyse organique, le chlorure d'amyle et le carbure de calcium étant placés dans le tube même; les liquides étaient condensés par un mélange réfrigérant, les gaz dégagés sur la cuve à mercure.

» 5^{gr},53 de chlorure d'amyle en vapeur ont passé sur 30^{gr} de carbure de calcium (pulvérisé et calciné) à la température du rouge naissant. Le poids du solide a augmenté de 1^{gr},075; il a été recueilli 3^{gr},95 de liquide et 446^{cc} de gaz (ramenés à 0° et 76^{cm}).

» Le résidu, d'apparence un peu charbonneuse, traité par l'eau a donné 390^{cc} de gaz de moins que 30^{gr} de carbure pulvérisé en même temps. Un dosage comparatif de chlore a donné 5^{gr},101 de chlorure d'argent pour le chlore entré en réaction, ce qui correspond à la décomposition de 3^{gr},79 de chlorure d'amyle.

» Le liquide obtenu a une force élastique maxima de 9^{cm} à la température du mélangé réfrigérant.

» L'analyse des gaz obtenus, faite au moyen des absorbants ordinaires, donne :

	Centimètres cubes.	Pour 100.	Pour 100 (Az déduit).
Acétylène...................	120,8	20,5	27,0
Éthylène.....................	48,5	8,2	10,8
Autres carbures éthyléniques.	81,7	13,8	18,3
Hydrogène..................	195	33,0	43,9
Azote (introduit)............	144	24,4	»
	446 + 144	99,9	100,0

» Je me suis assuré de l'absence de carbures acétyléniques par différents moyens; en particulier, l'action successive du chlorure cuivreux ammoniacal et de l'acide sulfurique concentré donne les mêmes résultats, quel que soit l'ordre des opérations. Il n'y a que des traces (?) de carbures saturés. Les gaz recueillis doivent contenir une petite quantité de chlorure d'amyle; les vapeurs de ce corps tendent à rendre un peu trop forte l'absorption par l'acide sulfurique surtout; d'ailleurs, il y en a très peu.

» La formation simultanée de chlorure de calcium, amylène et acétylène, semble le phénomène fondamental. Elle s'interprète naturellement par la réaction [1]

$$C^2Ca + 2C^5H^{11}Cl = C^2H^2 + 2C^5H^{10} + CaCl^2.$$

» D'après le dosage du chlore dans le résidu solide, il y a eu destruction de $3^{gr},79$ de chlorure d'amyle; il s'ensuivrait corrélativement la formation de 397^{cc} d'acétylène, de $2^{gr},49$ d'amylène et une augmentation de poids de $0^{gr},83$ du sel de calcium.

» Le premier résultat est d'accord avec la différence des productions d'acétylène trouvées pour le carbure résidu et le carbure neuf (390^{cc}).

» Le deuxième résultat *peut* s'interpréter en supposant que les carbures éthyléniques sont uniquement des amylènes.

» Si l'on remarque qu'on ne retrouve que 121^{cc} d'acétylène au lieu de 397^{cc} et qu'il s'est formé de l'hydrogène et de l'éthylène, on conclura qu'une partie de l'acétylène s'est transformée en charbon et hydrogène; une autre partie a dû s'unir à de l'hydrogène pour donner l'éthylène. Les 276^{cc}

(1) Le chlorure d'amyle étant sans doute partiellement dissocié.

manquant auraient alors été transformés en 195^{cc} d'hydrogène, $40^{cc},5$ d'éthylène et $0^{gr},252$ de charbon.

» La formation de $0^{gr},252$ de charbon et l'augmentation de poids due à la transformation du carbure de calcium en chlorure ($0^{gr},83$) donnent en tout $1^{gr},082$ au lieu de $1^{gr},075$ observé; l'accord est satisfaisant.

» Mais il manque 8^{cc} d'éthylène, et cette proportion semble trop forte pour être mise sur le compte des erreurs d'expérience. Je crois qu'on doit l'expliquer par un commencement de décomposition de l'amylène en éthylène et propylène, décomposition très nette à une température supérieure (¹) (rouge sombre). Dans cette décomposition, en effet, l'amylène en vapeur est remplacé par un égal volume de propylène; l'absorption par l'acide sulfurique n'est pas changée. Tous les résultats précédents subsisteront, mais on aura plus d'éthylène. L'explication des phénomènes est complète en supposant l'existence dans le gaz recueilli de 8^{cc} de propylène (soit 1,3 pour 100), et 12,5 pour 100 de vapeur d'amylène.

» Cette supposition trouve une vérification dans ce fait que la force élastique maxima du liquide recueilli ne dépasse pas 9^{cm} dans le mélange réfrigérant, ce qui correspond, à 0°, à 12,5 pour 100 presque exactement. D'un autre côté, dans une expérience faite à température plus élevée, j'ai pu constater la formation de 7 pour 100 de propylène. Enfin, en faisant agir sur le brome des quantités notables de gaz résultant de l'action du chlorure d'amyle sur le carbure de calcium, j'ai pu séparer par distillation fractionnée une petite quantité de liquide bouillant à 135°, comme le mélange de bromures d'éthylène et de propylène. »

PHYSIOLOGIE. — *Les ganglions nerveux des racines postérieures appartiennent au système du grand sympathique.* Note de M. **Nicolas-Alberto Barbieri.**

« Chez les mammifères (chats, chiens, lapins, cobayes) les cellules des ganglions spinaux, décrites comme unipolaires ou bipolaires, selon la méthode choisie et les chances de l'observateur, ne contractent aucune relation avec les tubes nerveux des racines postérieures.

» La manière dont ces cellules sont groupées empêche de les considérer comme multipolaires. Ces cellules peuvent être altérées ou dissoutes

---

(¹) *Cf.* Wurtz, *Ann. de Chimie et de Physique*, 3e série, t. II, p. 89.

(substances chimiques) sans que la forme, le contour, la continuité même des tubes nerveux des racines postérieures soient altérés.

» Chaque ganglion spinal contient de deux cents à cinq cents cellules, tandis que le nombre des tubes nerveux des racines postérieures, qui traversent le même ganglion, est de mille à trois mille. Ce nombre est, en général, le double de celui des tubes nerveux qu'on rencontre dans les racines antérieures correspondantes (de 500 à 1500). Tous les nerfs d'origine spinale ont un plus grand nombre de tubes nerveux formés par les racines postérieures que de tubes nerveux formés par les racines antérieures.

» On est surpris, lorsqu'on compte les tubes nerveux des racines postérieures, de trouver à plusieurs reprises, à côté de ces tubes, d'autres tubes d'un diamètre plus petit, enveloppés d'une gaine conjonctive plus mince dont le contenu est moins granuleux, plus transparent, presque limpide. Si alors on détache avec soin d'un segment de la moelle épinière les racines antérieures et postérieures, avec les ganglions et les rameaux communicants du sympathique, on peut s'assurer que les deux cents ou cinq cents petits tubes du sympathique (rameaux communicants) se divisent en deux branches presqu'au bord inférieur du ganglion spinal. Ces branches pénètrent dans le ganglion. Les petits tubes du sympathique, après avoir contracté une relation intime avec les cellules ganglionnaires, se réunissent entre eux d'une manière qui n'est ni constante ni précise, s'intercalent, de temps à autre, entre les tubes nerveux des racines postérieures, et aboutissent à la cellule nerveuse par le sillon collatéral postérieur. On trouve ces mêmes petits tubes du sympathique parmi les racines d'émergence de tel ou tel autre nerf cranien, comme on pourra le voir dans un exposé détaillé de la méthode.

» L'origine médullaire et encéphalique du sympathique se trouve ainsi établie. Les cellules des ganglions spinaux sont les cellules du sympathique (rameaux communicants).

» La somme des tubes nerveux de toutes les racines des nerfs spinaux est, par exemple, chez le lapin d'environ soixante-dix mille. Ce nombre est trop petit pour être mis en rapport avec les différents tissus de l'animal; il est, au contraire, trop grand pour être mis en rapport avec la surface de section du collet du bulbe.

» Les racines postérieures naissent du sillon collatéral postérieur par de petites barbes. Chaque barbe contient un certain nombre de tubes nerveux; plusieurs barbes forment une racine; plusieurs racines, à leur tour,

forment un faisceau nerveux ou nerf radiculaire. On trouve sur le bord supérieur de chaque ganglion spinal deux ou trois nerfs radiculaires qui sont séparés entre eux par la dure-mère spinale. Les racines postérieures pénètrent dans le ganglion à l'état de nerf, c'est-à-dire largement pourvues de tissu conjonctif.

» Les racines antérieures (qui naissent du sillon collatéral ventral) ont une origine analogue : elles se réunissent en dehors et au-dessous du ganglion avec les nerfs radiculaires postérieurs pour former le nerf mixte périphérique ou protonerf.

» Le nerf mixte périphérique (protonerf) de chaque paire de nerfs spinaux, après avoir donné naissance au petit rameau méningé, se divise en deux branches, l'une antérieure, en général volumineuse, l'autre postérieure, grêle.

» Il semble que les racines antérieures dans un point plus ou moins éloigné du bord inférieur de chaque ganglion spinal se bifurquent en deux faisceaux inégaux, grand et petit. Le grand faisceau passe à travers un écartement des nerfs radiculaires postérieurs, s'accole à un petit faisceau donné par les racines postérieures et forme la branche grêle ou postérieure du nerf mixte périphérique (protonerf). Le petit faisceau, uni à tout le reste des tubes nerveux des racines postérieures, constitue la branche volumineuse ou antérieure du nerf mixte périphérique (protonerf). »

M. A. **Seyewetz** adresse une Note « Sur la composition des précipités obtenus par réaction des colorants basiques sur les matières colorantes acides et la sensibilité de ces réactions ».

M. F. **Bouffe** adresse les résultats de ses recherches sur le psoriasis.

MM. **Ducretet** et **Popoff** adressent, à propos d'une Note de M. *Thomas Tommasina* du 2 avril, une réclamation de priorité relative à l'application directe du téléphone à la réception des signaux de la télégraphie sans fil.

Ils ajoutent que le procédé présenté par M. Tommasina est décrit dans un brevet qu'ils ont pris en France le 22 janvier dernier.

La séance est levée à 4 heures.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 19 mars 1900.

(*Suite.*)

Centralbureau der internationalen Erdmessung. Bericht über den Stand der Erforschung der Breitenvariation am Schlusse des Jahrers 1899, von Th. Albrecht. Berlin, 1900.

Die chemische Industrie und die ihr verwandten Gebiete am Ende des 19. *Jahrhunderts.* (Separat-Abdruck aus der *Chemiker-Zeitung*). Cöthen (Anhalt), 1900; 1 fasc. in-8°. (Hommage du Dr G. Krause.)

Observatorio de Manila, dirigido por los Padres de la Compania de Jesus. Tifones del Archipielago Filipino y mares circunvecinos 1895 *y* 1896, *estudio de los mismos,* por el P. Juan Doyle, S. J. Manila, 1899; 1 fasc. gr. in-8°. (Envoi de M. le Ministre de l'Instruction publique.)

Boletin del instituto geologico de Mexico. El Real del Monte, por Ezequiel Ordonez y Manuel Rangel. Mexico, 1899; 1 fasc. in-4°.

Ministerio de Fomento. Direccion general de estadistica a cargo del Dr Antonio Penafiel : *Censo de los estados de Campeche, Colima, Chiapas, Gerrero, Morelos y territoris de Tepic y Baja California, verificado el* 20 *de octubre de* 1895. Mexico, 1899; 7 fasc. gr. in-8°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine de Belgique; IVe série, t. XIV, n° 1, année 1900. Bruxelles; 1 fasc. in-8°.

Bulletin international de l'Académie des Sciences de Cracovie. Comptes rendus des séances de l'année 1900. Janvier. Cracovie; 1 fasc. in-8°.

Actas de la Sociedad espanola de Historia natural; enero y febrero de 1900. Madrid; 1 fasc. in-8°.

Societa reale di Napoli. Atti della reale Accademia di Archeologia, lettere e belle arti; Vol. XX, 1898-99. Napoli, 1899; 1 vol. in-4°.

Transactions of the american mathematical Society. Vol. I, numb. 1, January 1900. Lancaster, Pa., and New York; 1 fasc. in-4°.

Official copy. Summary of the observations made at the stations included in the daily and weekly weather reports for the calendar month. January 1900. Issued by the Meteorological Office, London; 1 feuille double, in-4°.

Memoirs of the geological Survey of India. Palaeontologia indica; ser. XV :

Himalayan fossils, vol. I, part. 2; vol. II, title page, contents and appendix; new series : Vol. I, 1, 2. Calcutta, 1899; 4 fasc. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 26 MARS 1900.

Les éclipses du vingtième siècle visibles à Paris, par M. CAMILLE FLAMMARION. Paris, s. d.; 1 fasc. in-8°.

Précis historique, descriptif, analytique et photomicrographique des végétaux propres à la fabrication de la cellulose et du papier, avec 50 planches en photocollographie, par MM. LÉON ROSTAING, MARCEL ROSTAING et FLEURY PERCIE DU SERT. Paris, H. Everling; 1 vol. gr. in-8°. (Présenté par M. G. Lemoine. Hommage de l'Auteur.)

Bulletin mensuel du Bureau central météorologique de France, publié par M. E. MASCART; année 1900, n° 1, janvier. Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-4°.

Mémoires de la Société nationale d'Agriculture, Sciences et Arts d'Angers; 5e série, t. II, année 1899. Angers, 1900; 1 vol. in-8°.

Accademia reale delle Scienze di Torino (anno 1899-1900). Eugenio Beltrami : Commemorazione letta il 25 febbrario 1900 alla classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali, dal socio ENRICO d'OVIDIO. Torino, Carlo Clausen, 1900; 1 fasc. in-8°.

Discours prononcé au vingt-cinquième anniversaire de la Société géologique de Belgique sur les progrès réalisés en Géologie de 1874 à 1898, par M. LOHEST. Liége, 1899; 1 fasc. in-4°.

Stratigraphie du massif cambrien de Stavelot, par M. LOHEST et H. FORIR. Liége, imp. H. Vaillant-Carmanne, 1899-1900; 1 fasc. in-4°.

Les coquilles du limon, par G. DEWALQUE, J. CORNET, C. MALAISE, M. LOHEST et H. FORIR. Liége, 1899; 1 fasc. in-8°.

Publications de M. MAX. LOHEST. Liége, H. Poncelet, 1900; 1 fasc. in-8°.

Publications de M. HENRI FORIR. Liége, H. Poncelet, 1900; 1 fasc. in-8°.

Plantes de la Macédoine appartenant au vilayet de Monastir, recueillies par MICHEL DIMONIÉ, étudiées, déterminées et classées par le Dr D. GRECESCU. Bucarest, 1899; 1 fasc. in-8°.

Laboratoriul de Botanicà medicala din Bucuresci. Plantele indigene din Româniea alese in 1898-1899. Bucuresci, 1899-1900; 2 fasc. in-8°.

The bowsher tellurian for common schools, high schools, institutes and universities. Champaign, Illinois, s. d.; 1 opuscule in-16.

Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences. Vol. XXXV, n° 12, January 1900; 1 fasc. in-8°.

Memoirs of the geological Survey of India. Vol. XXVIII, part I. Calcutta, 1898; 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 2 avril 1900.)

Note de M. *C. Phisalix*, Sur un nouveau microbe pathogène, etc. :

Page 950, ligne 19, *au lieu de* et c'est ce système, *lisez* et c'est ce symptôme.

Page 953, ligne 15, *au lieu de* dans la vessie d'un chien, *lisez* dans la veine d'un chien.